

COLÉGIO META

# BIOQUÍMICA

Prof. ABEL SCUPELITI ARTILHEIRO

SÃO PAULO

2012

## BIOQUÍMICA

### CAPÍTULO 1 - BIOQUÍMICA E ORGANIZAÇÃO CELULAR

Todos os seres vivos usam o mesmo tipo de moléculas e energia em seu metabolismo. Todas as células e biomoléculas das quais as células são sintetizadas foram originadas a partir de moléculas muito simples como  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$  e outras. O aparato celular de organismos vivos é construído a partir de compostos orgânicos (as biomoléculas).

#### 1) BIOMOLÉCULAS

As biomoléculas são moléculas de compostos orgânicos que constituem os seres vivos como: proteínas, ácidos nucleicos, polissacarídeos. Os polímeros formados por algumas moléculas orgânicas são importantes para a construção do organismo pois é através deles que se formam as biomoléculas poliméricas.

Os polímeros são formados pelos monômeros (pequenas moléculas orgânicas que se polimerizam). Os principais monômeros que constituem os organismos vivos são: aminoácidos, nucleotídeos e os monossacarídeos.

Os aminoácidos reagem entre si dando origem às proteínas que constituem grande parte das células. A Figura 2 mostra a formação de um dipeptídeo. As proteínas são importantes no controle do transporte de substâncias pela membrana, na atividade dos genes, na contração muscular e nos movimentos internos da célula. A representação geral dos aminoácidos é mostrada na Figura 1.

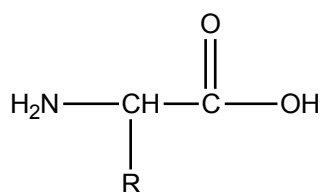


FIGURA 1 – Estrutura geral dos aminoácidos.

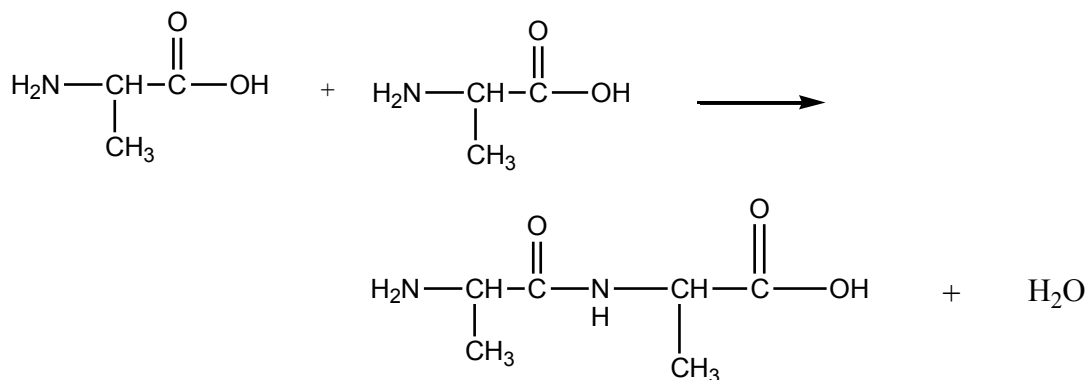
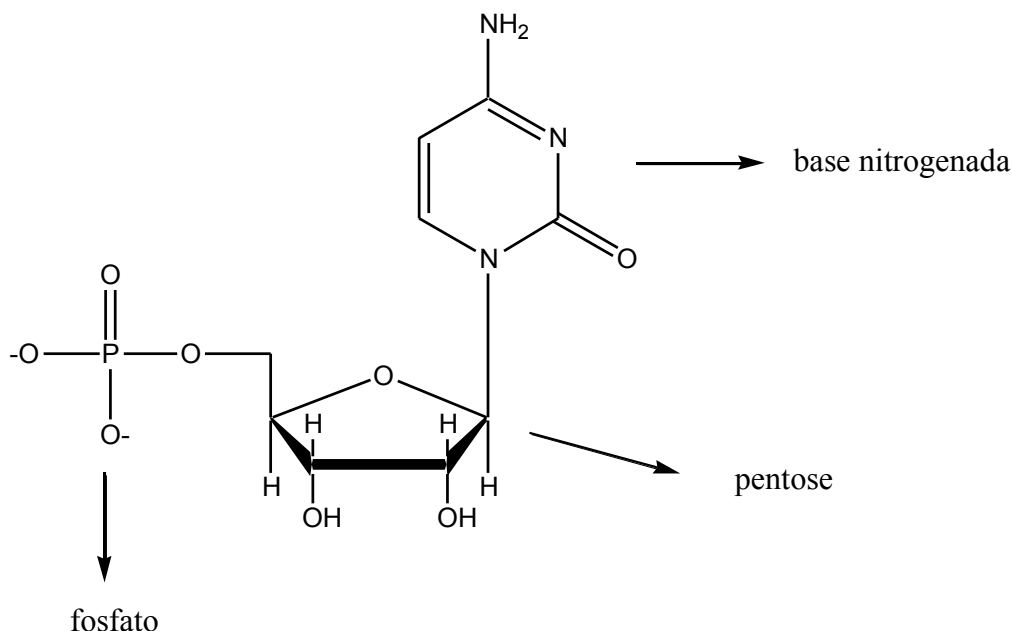


FIGURA 2 - Representação de um dipeptídeo.

Os nucleotídeos são estruturas formadas por três substâncias químicas: base nitrogenada, pentose e fosfato como mostra a Figura 3. São os nucleotídeos que se encadeiam e dão origem aos ácidos nucléicos (DNA e RNA) que desempenham papel fundamental no núcleo.

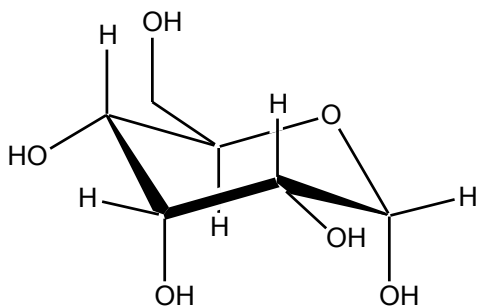


**FIGURA 3** - Representação de um nucleotídeo.

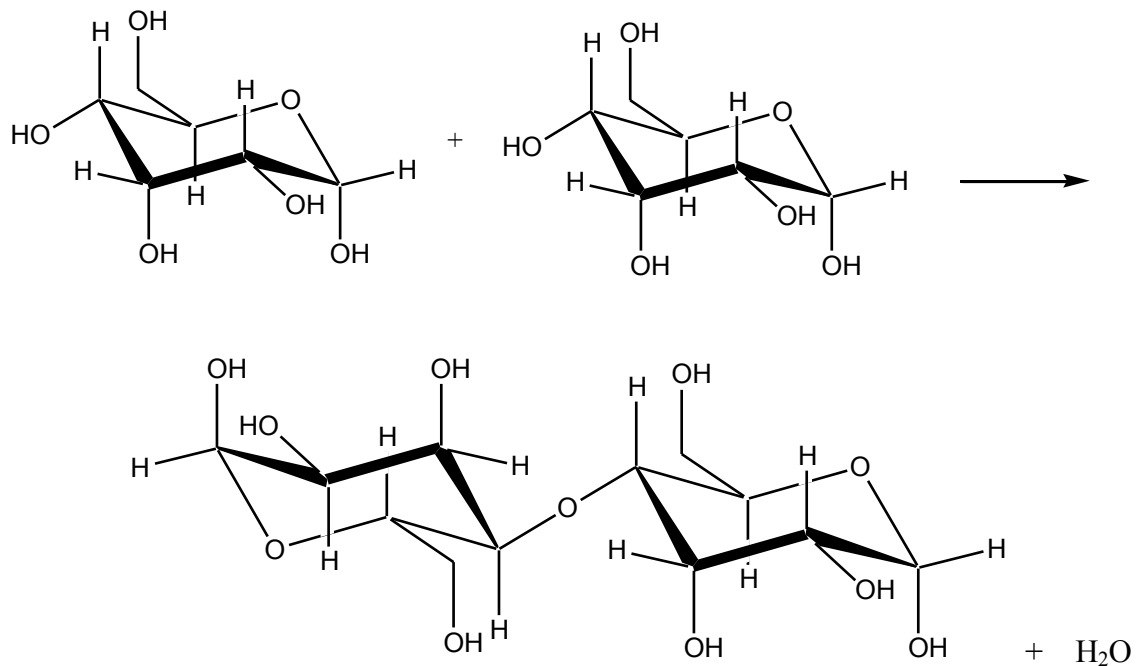
O DNA forma os genes, que dão origem aos cromossomos, e é responsável pela transmissão das características hereditárias e com o auxílio do RNA, controla a produção de proteínas das células determinando as características dos seres vivos.

Nos cromossomos encontramos o código genético que é a relação entre a sequência de nucleotídeos nos ácidos nucléicos e a sequência de aminoácidos em uma proteína. Esse código é de grande importância pois é a partir dele que surgem as diferenças entre os organismos vivos. De acordo com a sequência de bases nitrogenadas e a sua quantidade em uma fita de DNA gera-se uma informação genética para a síntese de uma proteína específica que construirá a célula. Com um conjunto de informações que varia muito, forma-se uma grande variedade de organismos vivos.

Os polissacarídeos são glicídios de longa cadeia constituídos pela união de vários monossacarídeos (açúcares) como mostra a Figura 5. Esses polissacarídeos são importantes pois são fontes de energia para o organismo e constituem certas estruturas importantes nos organismos.

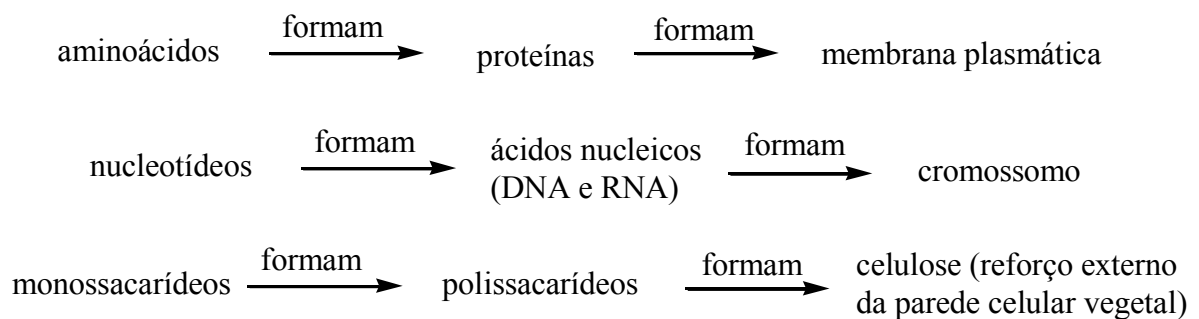


**FIGURA 4** – Estrutura da glicose.



**FIGURA 5** - Representação da sacarose.

#### Esquema geral



## 2) ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA CELULAR

Os seres vivos podem se classificar de acordo com sua estrutura celular em procariontes e eucariontes.

As células procarióticas têm uma estrutura muito simples pois não possuem membrana nuclear nem a maioria das organelas, possuindo apenas uma única membrana plasmática.

As células eucarióticas são muito maiores em tamanho que as anteriores, possuem um núcleo delimitado por uma membrana e diversos compartimentos especializados para cada função (complexo de Golgi, mitocôndria e outros) como mostram as Figuras 6 e 7.

Dentro de uma célula eucariótica encontram-se:

Ribossomo – síntese de proteínas;

Aparelho de Golgi – eliminação de secreção celular;

Lisossomo – digestão celular;

Membrana plasmática – proteção e transporte de substâncias na célula;

Mitocôndria – respiração celular;

Centríolos – fazem parte da divisão celular;

Parede celular – esqueleto de sustentação da célula vegetal;

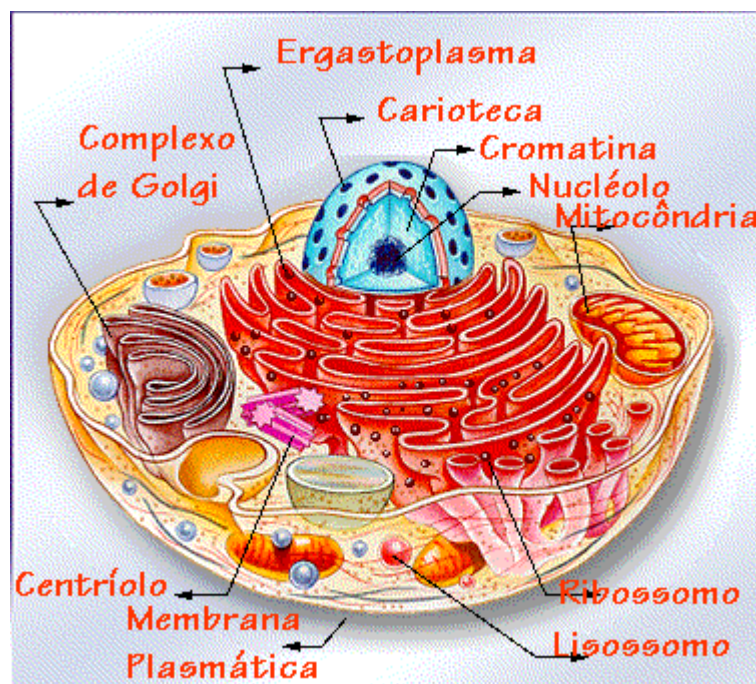
Retículo endoplasmático liso – sintetiza lipídeos e armazena cálcio no músculo;

Retículo endoplasmático rugoso – facilita o transporte de substâncias na célula e produz proteínas da membrana;

Vacúolo contrátil – cavidades do citoplasma que se encarregam de eliminar água;

Vacúolo de suco celular – cavidades que acumulam água em vegetais;

Cloroplasto – responsável pela síntese de proteínas e reprodução na célula vegetal.



**FIGURA 6** – Representação da célula animal.

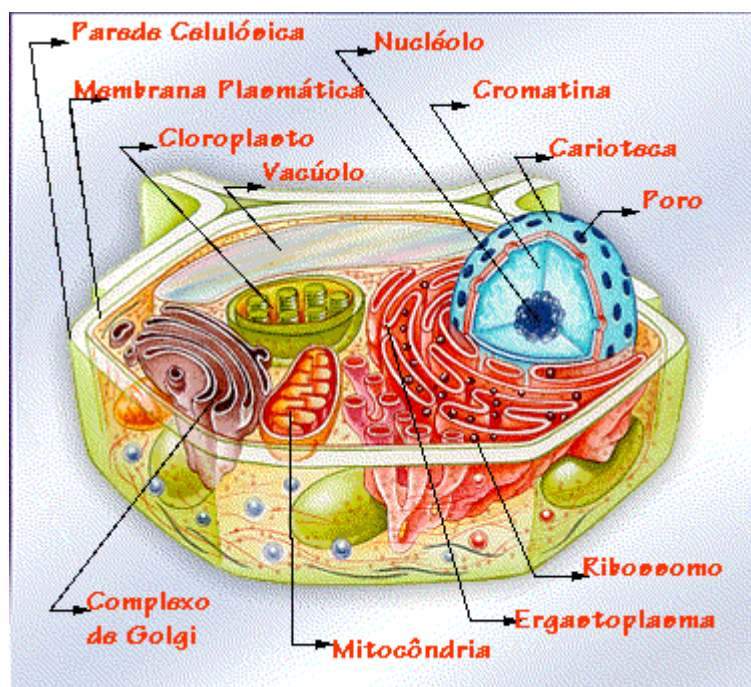


FIGURA 7 – Representação da célula vegetal.

### 3) INTERAÇÃO ENTRE AS BIOMOLÉCULAS

As interações entre as biomoléculas podem ser do tipo covalente ou intermolecular.

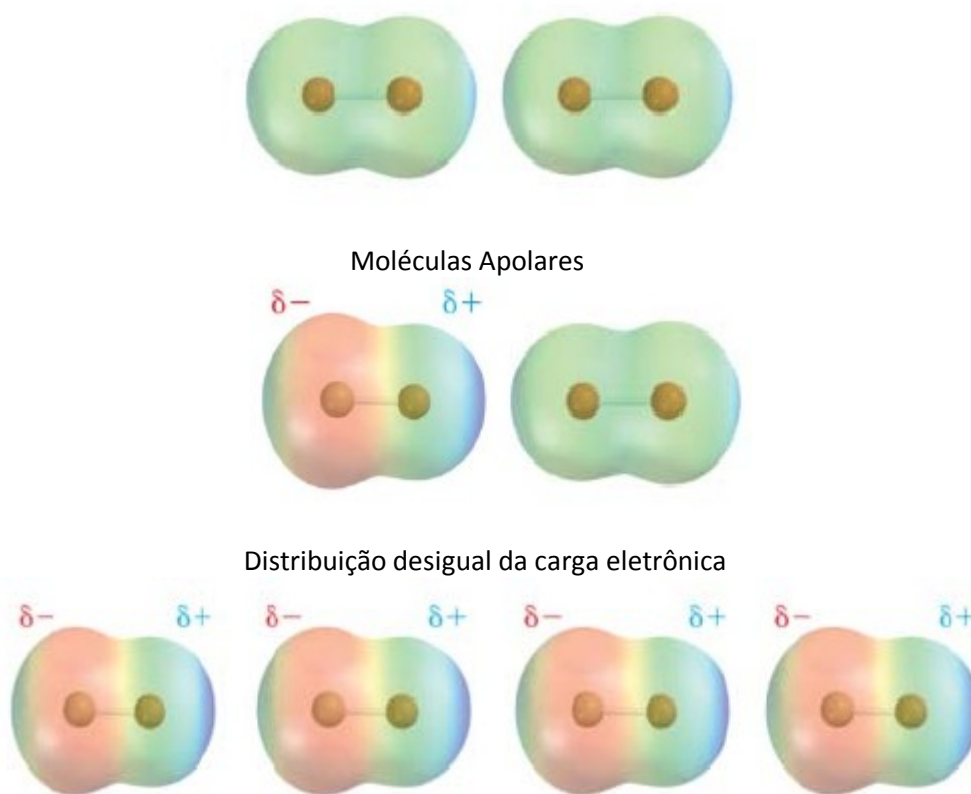
Nas ligações covalentes o par de elétrons é compartilhado por dois átomos. Podemos citar como exemplo a ligação peptídica entre dois aminoácidos, as pontes dissulfeto entre dois átomos de enxofre presentes nas estruturas terciárias de algumas proteínas e a ligação glicosídica entre dois monossacarídeos.

As forças intermoleculares são não-covalentes e mais fracas que as covalentes pois não ocorre o compartilhamento de um par de elétrons. Nessas forças ocorre a atração entre as cargas parciais positivas e negativas de dois átomos de moléculas diferentes fazendo com que as moléculas se aproximem. Existem quatro principais tipos de forças intermoleculares: forças de Van der Waals, eletrostática, ligação de hidrogênio, interação dipolo-dipolo.

#### 3.1) FORÇAS DE VAN DER WAALS

Nesse tipo de interação intermolecular, a distribuição de cargas em torno de uma molécula muda com o tempo, dessa forma em um dado momento a distribuição de cargas não é simétrica e um lado da molécula apresentará uma grande quantidade de cargas negativas, por exemplo, induzindo dessa forma que uma outra molécula vizinha apresente uma quantidade de cargas positivas correspondente de um lado da molécula, ocorrendo dessa forma a atração entre esses

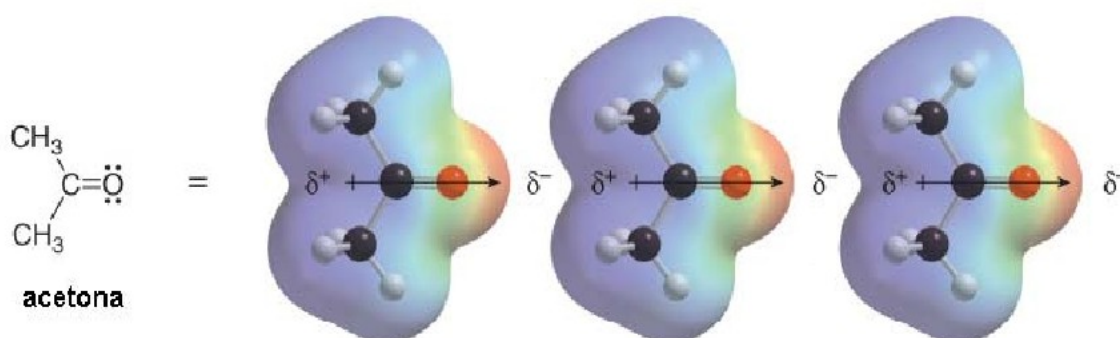
dipolos formados nas moléculas, como mostra a Figura 8. Nessa interação, uma molécula induz a formação de um dipolo na outra sendo consideradas as interações mais fracas existentes. Esse tipo de interação ocorre entre os grupos R de aminoácidos apolares.



**FIGURA 8** – Forças de Van der Waals.

### 3.2) INTERAÇÃO DIPOLO-DIPOLO

As forças dipolo – dipolo são interações entre moléculas polares sendo consideradas forças intermediárias. A figura 9 exemplifica esse tipo de interação. Na molécula da acetona o átomo de oxigênio, mais eletronegativo, faz uma dupla ligação com o átomo de carbono, menos eletronegativo. Dessa forma há a formação de um dipolo na molécula pois o par de elétrons da ligação C=O estará mais próximo do átomo de oxigênio pois este é o átomo mais eletronegativo. Este adquire carga parcial negativa e deixa o outro lado da molécula (átomo de carbono) com carga elétrica parcial positiva. O lado negativo de uma molécula atrai o positivo da outra e dessa forma ocorre a interação entre as moléculas.



**FIGURA 9** – Interação do tipo dipolo-dipolo.

### 3.3) ATRAÇÃO ELETROSTÁTICA

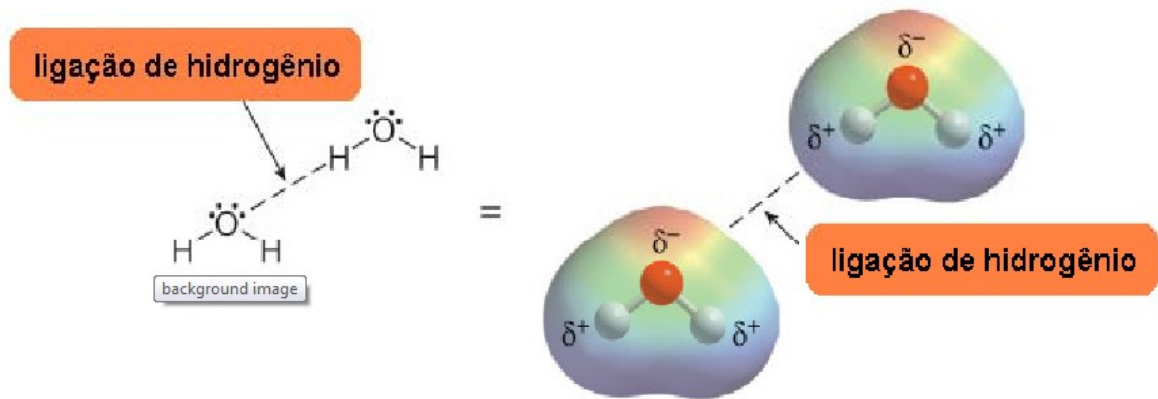
Esse tipo de interação é o resultado das forças atrativas entre cargas opostas efetivas de funções polares, ou seja, ocorre devido a atração de uma molécula carregada positivamente com outra molécula carregada negativamente. Essas interações são consideradas as mais fortes existentes e ocorrem entre radicais carregados de aminoácidos.

### 3.4) LIGAÇÃO DE HIDROGÊNIO

A ligação de hidrogênio é a interação entre o átomo de hidrogênio ligado a um átomo de O, N ou F de uma molécula com o átomo de N, O ou F de outra molécula. A ligação de hidrogênio é uma força intermolecular mais fraca que a íon-íon mais é mais forte que as forças de Van der Waals ou dipolo – dipolo.

Uma explicação plausível para a formação das ligações de hidrogênio é a de que o par de elétrons que liga um átomo de hidrogênio a um átomo altamente eletronegativo está efetivamente afastado do núcleo do hidrogênio, diminuindo muito a densidade de carga negativa ao redor do núcleo de hidrogênio que é um simples próton. Assim, o próton não blindado atrai elétrons que circundam o átomo eletronegativo de uma molécula vizinha. A Figura 10 ilustra esse tipo de interação. São consideradas interações de força intermediária e ocorrem entre grupos polares sem carga dos aminoácidos polares.

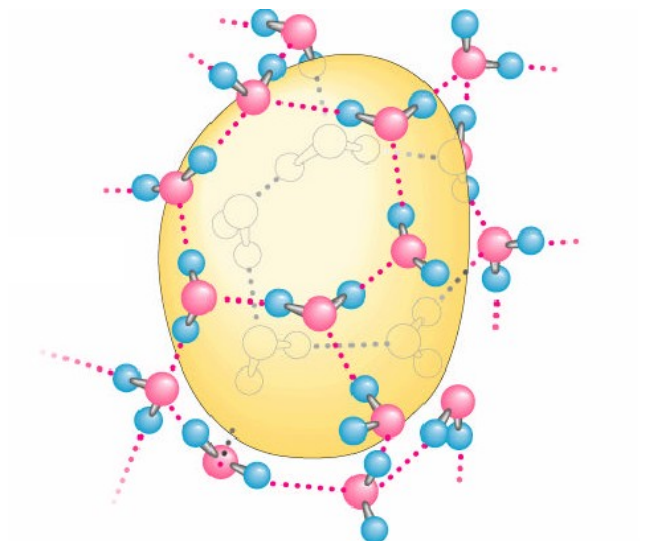




**FIGURA 10** – Ligação de hidrogênio entre as moléculas de água.

### 3.5) INTERAÇÃO HIDROFÓBICA

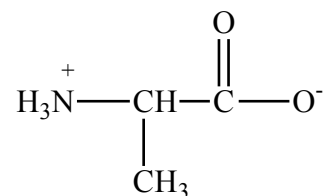
Além desses quatro tipos, existem ainda as interações hidrofóbicas que são atribuídas devido a forte tendência das moléculas de água excluírem grupos ou moléculas apolares. Essas interações ocorrem entre solutos não polares e a água como mostra a figura 11. Moléculas apolares de solutos se aglomeram entre si na presença de água, não porque tenham primariamente uma alta afinidade uma pela outra, mas porque a água liga-se fortemente a si mesma.



**FIGURA 11** – Interação hidrofóbica entre solvente apolar e a água.

**EXERCÍCIOS**

- 1) Defina biomoléculas, cite 3 exemplos e a importância de cada uma para os organismos vivos.
- 2) Diferencie seres eucariontes de seres procariontes.
- 3) Qual é a função das seguintes organelas celulares mostradas a seguir: ribossomo, membrana plasmática, centríolos, mitocôndria e lisossomo?
- 4) Qual é a diferença entre ligação covalente e interação intermolecular?
- 5) Quais os tipos de forças intermoleculares existentes?
- 6) Apresente quais o tipo de interação intermolecular entre:
  - a) moléculas de água;
  - b) moléculas de água e óleo;
  - c) moléculas de glicose e água;
  - d) os grupamentos metila ( $-\text{CH}_3$  dos radicais R) de duas proteínas;
  - e) entre moléculas de aminoácidos em pH 7,4 (que apresentam a estrutura abaixo)

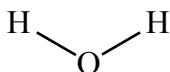


- 6) Defina ligação de hidrogênio.

## CAPÍTULO 2 - ÁGUA: SOLVENTE DAS REAÇÕES BIOQUÍMICAS

A água é a substância encontrada em maior quantidade no planeta Terra, constituindo cerca de 70 a 90% dos seres vivos.

A molécula de água é composta por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio, com estrutura angular sendo considerada uma molécula polar como mostra a Figura 1.



**FIGURA 1** – Estrutura da molécula de água.

Na natureza, a água é o componente químico que está presente em maior quantidade nos seres vivos e, juntamente com os sais minerais, constitui os componentes inorgânicos das células. As substâncias orgânicas predominam em variedade, pois é grande o número de proteínas, ácidos nucleicos, lipídios e carboidratos diferentes que formam a estrutura das células e dos organismos.

### 1) PROPRIEDADES DA ÁGUA

#### 1.1) PONTO DE FUSÃO E EBULIÇÃO

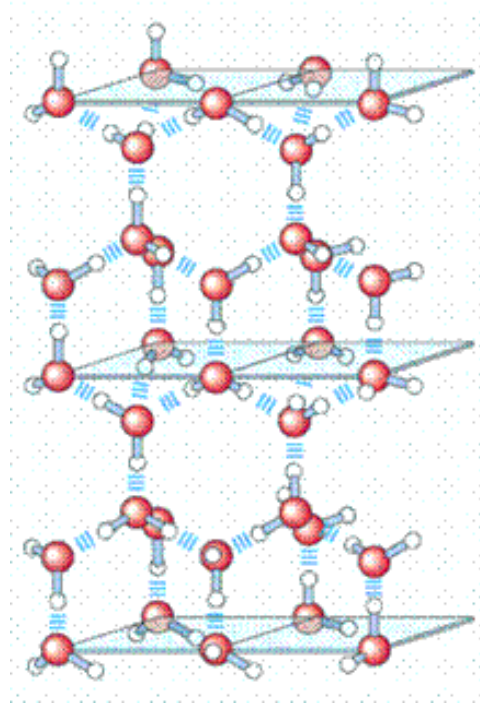
As moléculas de água se unem por ligações de hidrogênio na qual um átomo de hidrogênio polarizado com carga parcial positiva é atraído por um átomo de oxigênio de outra molécula com carga parcial negativa. A formação de dipolos na molécula é resultante da grande diferença de eletronegatividade entre os átomos de hidrogênio e o de oxigênio.

Devido a essas interações (ligação de hidrogênio) a água apresenta alto ponto de fusão e ebulição sendo considerada um excelente solvente para substâncias iônicas e outras moléculas polares que façam ligação de hidrogênio com a água como aldeídos, álcool, cetonas e açúcares.

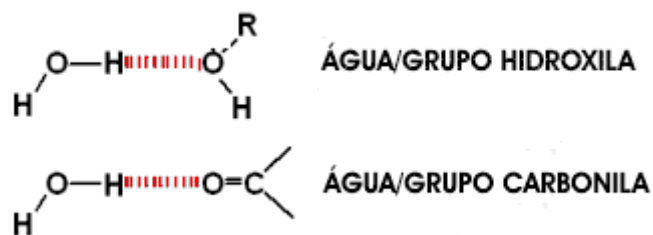
#### 1.2) SOLUBILIDADE E TRANSPORTE

A água é considerada como solvente universal pois tem a capacidade de solubilizar inúmeros compostos orgânicos e inorgânicos, transportando-os pelo organismo. As substâncias dissolvidas em água reagem mais facilmente pois suas partículas espalhadas e em contínuo movimento têm uma possibilidade maior de entrar em contato com outras partículas. É o solvente do sangue, da linfa, dos líquidos intersticiais nos tecidos e das secreções como a lágrima, o leite e o suor.

A polaridade e a capacidade de formação de ligação de hidrogênio da água faz dela uma molécula com alto poder de interação como mostra a Figura 2. A água é um excelente solvente para a maioria das moléculas polares pois enfraquece as ligações eletrostáticas e ligações de hidrogênio entre esses grupamentos e passa a interagir com eles, como por exemplo entre carbonila e amida como mostra a Figura 3.



**FIGURA 2** – Ligação de hidrogênio entre as moléculas de água.



**FIGURA 3** – Ligação de hidrogênio entre as moléculas de água e outros grupamentos polares.

É a fase dispersante de todo material citoplasmático. O citoplasma nada mais é do que uma solução coloidal de moléculas protéicas, glicídicas e lipídicas imersas em água. Atua no transporte de substâncias entre o interior da célula e o meio extracelular.

A água impregna todos os tecidos sendo, dessa forma, o meio de transporte dos elementos nutritivos para a célula; transporta as substâncias solúveis que atravessam as membranas celulares devido ao mecanismo das pressões osmóticas. Todas as reações bioquímicas se processam em meio aquoso já que a água é indispensável às interações entre as biomoléculas.

### 1.3) CALOR ESPECÍFICO

A água tem um alto calor específico, o que também é justificado pela formação de ligações de hidrogênio. Assim, a água tem capacidade de absorver muito calor e mudar pouco de temperatura; isso ocorre devido à dificuldade de se romper as pontes de hidrogênio para que as moléculas de água aumentem sua energia cinética e, por consequência, sua temperatura.

Pelo seu elevado calor específico, a água contribui para a manutenção da temperatura nos animais como aves e mamíferos, ou seja, uma pessoa em estado febril tem sua sudorese aumentada para que a evaporação da água contida no suor absorva o calor corpóreo, para diminuição da temperatura do indivíduo. Essa característica é fundamental para a manutenção da homeostase dos organismos vivos.

A homeostase é a propriedade de um sistema, seres vivos especialmente, de regular o seu ambiente interno para manter uma condição estável, mediante múltiplos ajustes de equilíbrio dinâmico controlados por mecanismos de regulação interrelacionados.

## 2) ÁGUA E O METABOLISMO

Tecidos de um mesmo organismo variam os teores de água de acordo com um menor ou maior metabolismo. Quanto maior o metabolismo tecidual, maior o teor percentual de água, uma vez que **a água é o meio para o metabolismo, ou seja, é o solvente das reações bioquímicas**. Assim, em animais, músculos têm maior atividade metabólica que ossos, possuindo maior teor de água (70 a 80% enquanto no tecido ósseo essa quantidade é de 25%), bem como, em plantas, folhas têm maior atividade metabólica que sementes, possuindo então maior teor de água.

Além de a água ser o solvente no qual ocorrem as reações metabólicas corporais, a água participa diretamente de várias reações químicas como reagente ou produto, como as sínteses nas quais ocorrem desidratação intermolecular, hidrólise, respiração aeróbica e fotossíntese.

### 2.1) DESIDRATAÇÃO

A desidratação trata-se de um problema de saúde, uma disfunção de nosso organismo, decorrente de uma deficiência da concentração de água em nosso corpo, o que inviabiliza a boa manutenção do mesmo.

A desidratação ocorre quando acontece uma perda de líquidos corporais, principalmente quando há uma perda de água superior ao montante que foi tomado, com isso, sai mais água das nossas células e, em seguida, do nosso corpo.

Perdemos água todos os dias sob a forma de vapor de água no ar quando expiramos, e através do nosso suor, urina e fezes. Juntamente com a água, também são perdidas pequenas quantidades de sais.

Quando perdemos muita água e esta não é repostada, o organismo fica fora de equilíbrio ou desidratado. A desidratação severa pode levar à morte. É por isso que devemos ter cuidados e atenção à desidratação.

Dentre as principais causas da desidratação pode-se citar: baixa ingestão de líquidos (principalmente a água que participa da maior parte dos processos vitais em nosso organismo); perda excessiva de líquidos corporais, como por: vômitos, diarreia, produção excessiva de urina e exposição prolongada à luz solar.

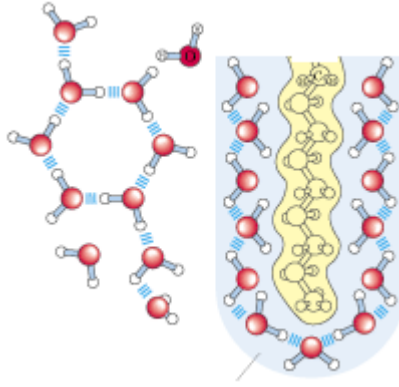
Os principais sintomas são: aumento da sede e redução da urina, fraqueza e fadiga, tontura e dores de cabeça, boca e/ou língua seca, pode prejudicar as atividades renais, irritabilidade ou apatia (falta de energia).

No caso de alguém que se encontre desidratado, deve-se administrar o soro caseiro ou industrializado a fim de que o mesmo possa recuperar o líquido e os sais perdidos. A melhor forma de evitar a desidratação é tomar água com frequência e de preferência 1,5 L por dia, além de sucos naturais, leite e comer frutas.

### 3) INTERAÇÕES HIDROFÓBICAS

Apesar de solubilizar uma grande parte dos solutos, existem moléculas que interagem de forma diferente com a água pois não são solubilizados pela mesma. Solutos não polares ou grupos funcionais não polares em macromoléculas biológicas não fazem ligação de hidrogênio com a água. Dessa forma, essas moléculas tendem a se aglomerarem em água constituindo as interações hidrofóbicas.

Consideremos a introdução de uma molécula de hidrocarboneto em água. Cria-se uma cavidade na água, o que desfaz temporariamente algumas ligações de hidrogênio entre as moléculas de água. As moléculas de água deslocadas orientam-se, então, para formar o número máximo de novas ligações de hidrogênio. Isso é conseguido a um preço: o número de modos de formação de ligação de hidrogênio na cavidade em torno da molécula do hidrocarboneto é muito menor que na água pura sendo que as moléculas de água em torno da molécula do hidrocarboneto são muito mais ordenadas do que em outros locais na solução. A água é altamente coesa na qual as moléculas vizinhas de água têm alta afinidade umas pelas outras. A interação hidrofóbica é mostrada na Figura 4.



**FIGURA 4** – Interações hidrofóbicas entre composto apolar e a água.

**EXERCÍCIOS**

- 1) Quais são os compostos orgânicos e inorgânicos presentes nas células?
- 2) Explique a importância da água como solvente e transportador de substâncias pelas células.
- 3) Explique qual é a relação entre o calor específico da água e sua função no organismo.
- 4) Defina homeostase.
- 5) Explique porque tecidos que possuem maior atividade metabólica possuem maior teor de água que outros com menor atividade.
- 6) Explique o que ocorre em termos de interações quando adiciona-se uma gota de óleo em água.



### CAPÍTULO 3 - AMINOÁCIDOS E PROTEÍNAS

#### 1) PROTEÍNAS

As proteínas são biopolímeros formados pela união de aminoácidos. As proteínas são de fundamental importância nos processos biológicos além de serem as moléculas mais diversificadas quanto à sua forma e função.

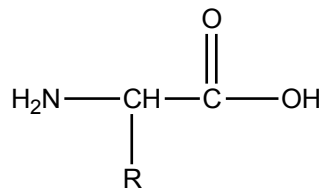
##### 1.1) FUNÇÕES

As principais características das proteínas são:

- a) catálise enzimática: a maioria das reações químicas nos organismos vivos são catalisadas por enzimas que tem a função de aumentar a velocidade dessas reações fazendo com que ocorram em tempo, velocidade e pH adequados. A anidrase carbônica é um exemplo de enzima que catalisa a hidratação do CO<sub>2</sub> no processo de troca gasosa do organismo com o meio exterior;
- b) transporte e armazenamento: muitas moléculas pequenas ou íons são transportados por proteínas específicas a diversas partes do corpo como a hemoglobina que transporta O<sub>2</sub> do pulmão aos tecidos;
- c) movimento coordenado: as proteínas são o principal componente do músculo sendo que a contração muscular é levada a efeito pelo movimento deslizante de dois tipos de filamentos protéicos;
- d) sustentação mecânica: a estrutura de certas proteínas, como o colágeno (proteína fibrosa), dá alta força de tensão e sustentação à pele e aos tecidos;
- e) proteção imunológica: os anticorpos são proteínas altamente específicas que reconhecem e se combinam com substâncias estranhas tais como vírus e bactérias, destruindo-os;
- f) geração e transmissão de impulsos: a resposta das células nervosas a estímulos específicos é feita através de proteínas receptoras, como a rodopsina que é a proteína sensível à luz nos bastonetes da retina;
- g) crescimento e diferenciação: são controlados por fatores protéicos de crescimento. As atividades de diferentes células em organismos multicelulares são coordenadas por hormônios como, por exemplo, a insulina.

## 2) AMINOÁCIDOS

Os aminoácidos são as unidades estruturais básicas das proteínas. O aminoácido é composto por um grupamento carboxila, um grupamento amino, um hidrogênio e um grupo R que diferencia os aminoácidos, todos ligados a um único átomo de carbono, como mostra a Figura 1.

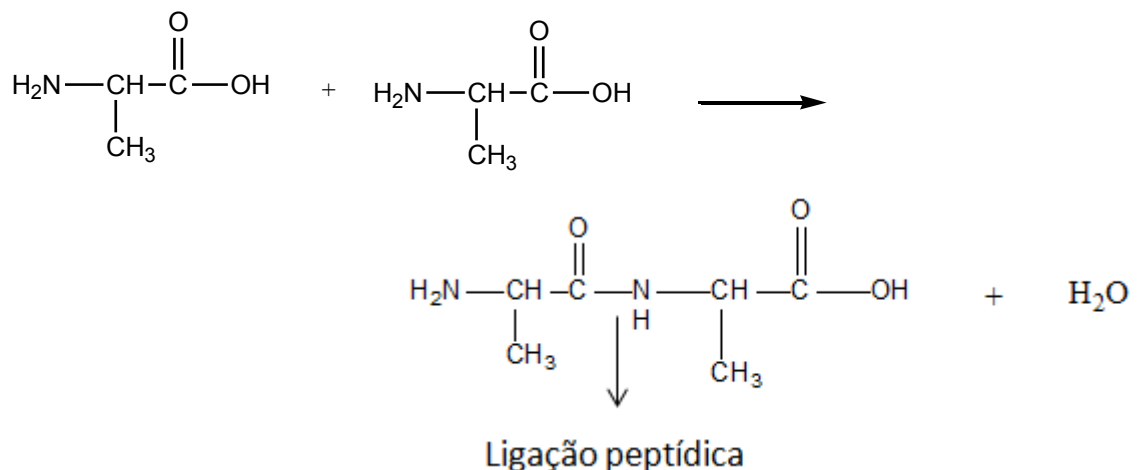


**FIGURA 1** – Estrutura geral dos aminoácidos.

As proteínas, apesar de apresentarem estruturas e funções tão diversificadas, são sintetizadas por 20 aminoácidos. Todas as proteínas de todos os organismos vivos são construídas a partir desses 20 aminoácidos. A notável gama de funções exercidas por elas resulta da diversidade e da versatilidade desses aminoácidos.

### 2.1) LIGAÇÃO PEPTÍDICA

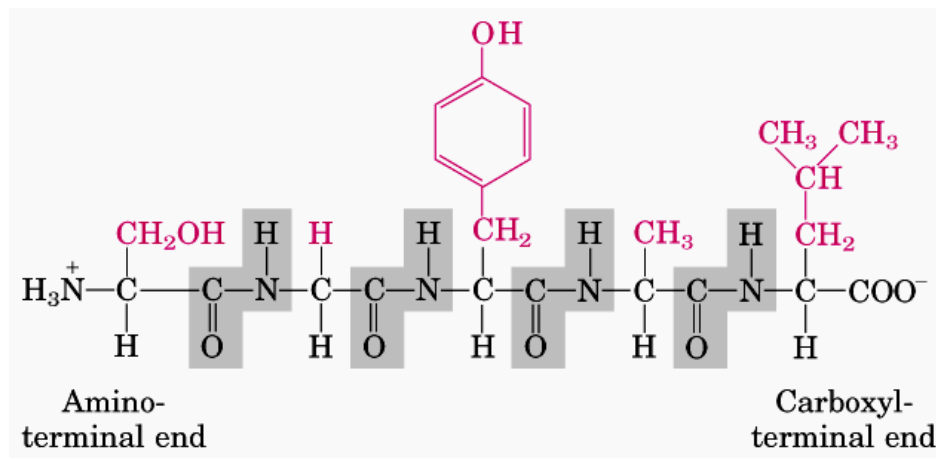
As proteínas são polímeros que se unem através da ligação do grupo carboxila de um aminoácido com o grupo amino do outro. Essa ligação é chamada de peptídica e é obtida por exclusão de uma molécula de água, como mostra a Figura 2.



**FIGURA 2** – Formação da ligação peptídica.

A união de vários aminoácidos por ligações peptídicas dá origem a uma cadeia polipeptídica. Uma cadeia peptídica tem um sentido pois seus componentes têm extremidades diferentes. Convencionou-se que a ponta amínica é considerada como sendo o início da cadeia. Portanto, alanina-glicina-lisina é um peptídeo diferente de glicina-lisina-alanina.

A Figura 3 mostra a união de diferentes aminoácidos pela ligação peptídica.



**FIGURA 3** - Estrutura de uma cadeia polipeptídica.

## 2.2) CLASSIFICAÇÃO DOS AMINOÁCIDOS

Os 20 aminoácidos existentes diferem entre si pelo grupamento R da cadeia lateral. São vinte cadeias que variam em forma, tamanho, carga, capacidade de formação de interações intermolecular e reatividade química. Dessa forma os aminoácidos são classificados em:

- apolares:** possuem cadeia lateral constituída por moléculas orgânicas com caráter de hidrocarboneto que não interagem com a água. São exemplos desses tipos de aminoácidos: glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina, metionina, fenilalanina, triptofano e prolina;
- polares:** possuem cadeia lateral com grupos que possuem carga parcial e são capazes de fazer ligação de hidrogênio com a água. São exemplos desses tipos de aminoácidos: asparagina, glutamina, serina e treonina;
- ácidos:** possuem cadeia lateral com grupos que apresentam carga negativa, em solução neutra, apresentando características ácidas. São exemplos desses tipos de aminoácidos: aspartato, cisteína, glutamato e tirosina;
- básicos:** possuem cadeia lateral com grupos carregados positivamente, em solução neutra, que apresentam características básicas. São exemplos desses tipos de aminoácidos: arginina, lisina e histidina.

A Tabela 1 mostra a estruturas dos 20 aminoácidos existentes.

TABELA 1 – Estrutura e classificação dos aminoácidos.

$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H} \end{array}$ <p>GLICINA</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>ALANINA</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>VALINA</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>LEUCINA</p>
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{HN} \end{array}$ <p>TRIPTOFANO</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ <p>FENILALANINA</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{S} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>METIONINA</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>ISOLEUCINA</p>
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{C}_5\text{H}_7\text{N} \end{array}$ <p>PROLINA</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}=\text{O} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>ASPARAGINA</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}=\text{O} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>GLUTAMINA</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>TREONINA</p>
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{OH} \end{array}$ <p>SERINA</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}=\text{O} \\   \\ \text{O}^- \end{array}$ <p>ASPARTATO</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}=\text{O} \\   \\ \text{O}^- \end{array}$ <p>GLUTAMATO</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\   \\ \text{OH} \end{array}$ <p>TIROSINA</p>
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{SH} \end{array}$ <p>CISTEÍNA</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_4\text{H}_3\text{N}_2^+ \end{array}$ <p>HISTIDINA</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{NH}_3^+ \end{array}$ <p>LISINA</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{NH} \\   \\ \text{C}=\text{NH}_2^+ \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>ARGININA</p>

### 2.2.1) Aminoácidos essenciais e não essenciais

Os aminoácidos não essenciais são aqueles que o organismo pode fabricar, como por exemplo: alanina, asparagina, ácido aspártico, cisteína, ácido glutâmico, glutamina, glicina, prolina, serina e tirosina.

Os aminoácidos essenciais são aqueles que não podem ser produzido pelos organismos vivos e, por isso, devem ser ingeridos na alimentação, como por exemplo: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina.

### 2.3) FUNÇÕES DOS AMINOÁCIDOS

Os aminoácidos são de extrema importância no organismo por diversos fatores, cada um atuando de uma forma diferente. A Tabela 2 mostra os principais tipos de aminoácidos e suas funções.

**TABELA 2** – Principais aminoácidos e suas funções no organismo.

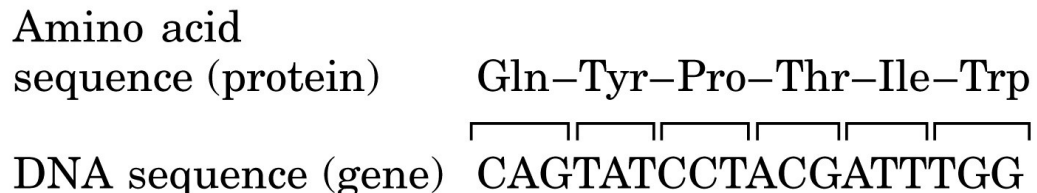
<b>AMINOÁCIDO</b>	<b>FUNÇÃO</b>	<b>ALIMENTO</b>
Lisina	Auxilia na formação do colágeno, no crescimento ósseo e ajuda na inibição dos vírus.	Queijo e derivados
Glutamina	Ajuda no crescimento do tecido muscular, é essencial nas funções do sistema imunológico, ajuda a memória e estimula a inteligência.	Carne / Peixe derivados do leite
Leucina	Aumenta a resistência e diminui a fadiga durante o exercício físico. Ajuda a diminuir a perda de massa muscular na velhice.	Soja / Feijão
Triptofano	Atua como neurotransmissor responsável pela sensação de bom humor.	Chocolate amargo
Ácido glutâmico	Atua como neurotransmissor do sistema nervoso. Utilizado na indústria, na forma de glutamato, para realçar o sabor dos alimentos.	Glúten
Fenilalanina	Elemento principal na formação do colágeno. Utilizado na indústria como adoçante.	Peixe/Frango
Tirosina	Precursor de neurotransmissores, aumenta a sensação de bem-estar.	Nozes / Castanhas Cereais integrais

### 3) ESTRUTURA PROTÉICA

A organização espacial das proteínas é resultante dos tipos de aminoácidos que as compõem e de como eles estão dispostos uns em relação aos outros. A sequência dos aminoácidos irá determinar o tipo de interação possível entre as cadeias laterais, que determinará a forma da proteína.

### 3.1) ESTRUTURA PRIMÁRIA

A estrutura primária corresponde à seqüência de aminoácidos que formam a cadeia polipeptídica, ou seja, o **esqueleto da proteína**. Essa seqüência é determinada geneticamente e é específica de cada proteína. A Figura 4 mostra um exemplo desse tipo de estrutura.



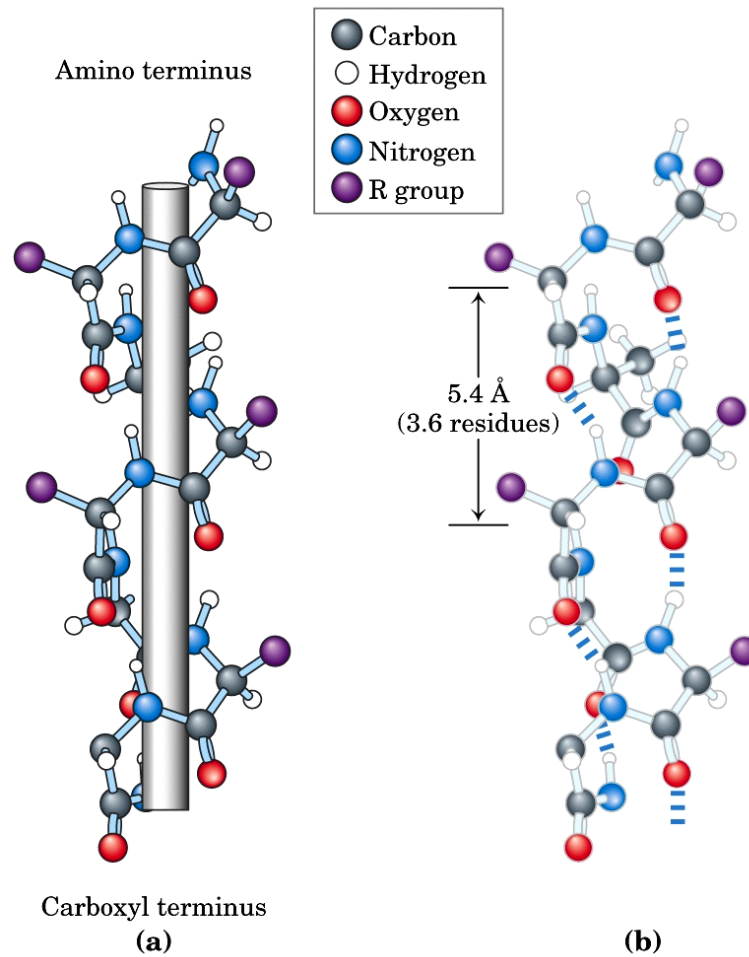
**FIGURA 4** – Estrutura primária da proteína.

### 3.2) ESTRUTURA SECUNDÁRIA

A estrutura secundária descreve as estruturas bidimensionais formadas por elementos da estrutura da cadeia polipeptídica. Essa seqüência se refere ao arranjo espacial de segmentos de aminoácidos que estejam próximos um dos outros na seqüência linear. As duas principais conformações assumidas são denominadas  $\alpha$ -hélice e folha  $\beta$ -pregueada. Essas estruturas se estabilizam por ligações de hidrogênio entre o hidrogênio do grupamento -NH e o oxigênio do grupamento -C=O.

#### 3.2.1) Estrutura em $\alpha$ -hélice

A  $\alpha$ -hélice é uma estrutura semelhante a um bastão. A cadeia polipeptídica principal é fortemente helicoidizada formando a parte interna do bastão, e as cadeias laterais projetam-se para fora em uma disposição helicoidal. A  $\alpha$ -hélice é estabilizada por ligações de hidrogênio entre os grupamentos NH e CO da cadeia principal. O grupamento CO de cada aminoácido forma ligação de hidrogênio com o grupamento NH do aminoácido que está situado **a quatro unidades abaixo na seqüência linear**. Assim, todos os grupamentos CO e NH formam ligações de hidrogênio. As cadeias laterais dos aminoácidos projetadas para fora não participam das ligações de hidrogênio estabelecidas unicamente entre os grupamentos das unidades peptídicas. O elevado número de ligações de hidrogênio confere grande estabilidade a estrutura em  $\alpha$ -hélice. Por esta razão, a estabilidade dessa estrutura independe, até certo ponto, do tipo de cadeia lateral do aminoácido. No entanto, há casos que, devido a forte repulsão de grupos carregados com a mesma carga na cadeia lateral, não é possível que a estrutura espacial da proteína seja em  $\alpha$ -hélice. A Figura 5 mostra exemplo da estrutura em  $\alpha$ -hélice.



**FIGURA 5** – Estrutura protéica em  $\alpha$ -hélice.

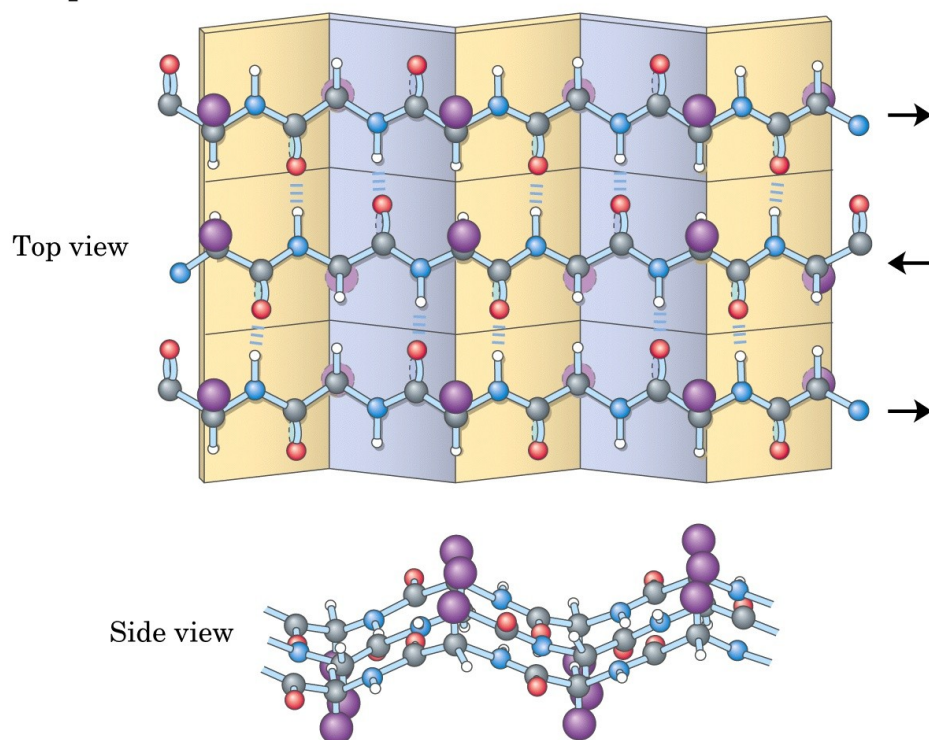
- a) Representação da estrutura em  $\alpha$ -hélice helicoidizada  
 b) Ligações de hidrogênio que mantêm a estrutura em  $\alpha$ -hélice

Os principais exemplos de proteínas que possuem 75 a 80% de sua estrutura em  $\alpha$ -hélice são: mioglobina e hemoglobina.

### 3.2.2) Estrutura em folha $\beta$ -pregueada

A estrutura em folha  $\beta$ -pregueada difere muito da  $\alpha$ -hélice pois consiste em uma cadeia peptídica quase totalmente distendida ao invés de firmemente enrolada. Essa estrutura é estabilizada por ligações de hidrogênio entre grupamentos NH e CO em fitas peptídicas diferentes, enquanto na  $\alpha$ -hélice as ligações de hidrogênio entre os grupamentos NH e CO são no mesmo filamento. As cadeias em folha  $\beta$ -pregueada exibem uma conformação mais distendida e dispõem-se lado a lado, o que dá à estrutura formada o aspecto de uma folha pregueada. As ligações de hidrogênio são perpendiculares ao eixo das cadeias, e os grupos R dos aminoácidos projetam-se para cima e para baixo do plano da folha pregueada, como mostra a Figura 6. As proteínas que apresentam sua estrutura em folha  $\beta$ -pregueada são: insulina e a concanavalina A (proteína vegetal).

#### (a) Antiparalel



**FIGURA 6** – Estrutura protéica em folha  $\beta$ -pregueada.

### 3.3) ESTRUTURA TERCIÁRIA

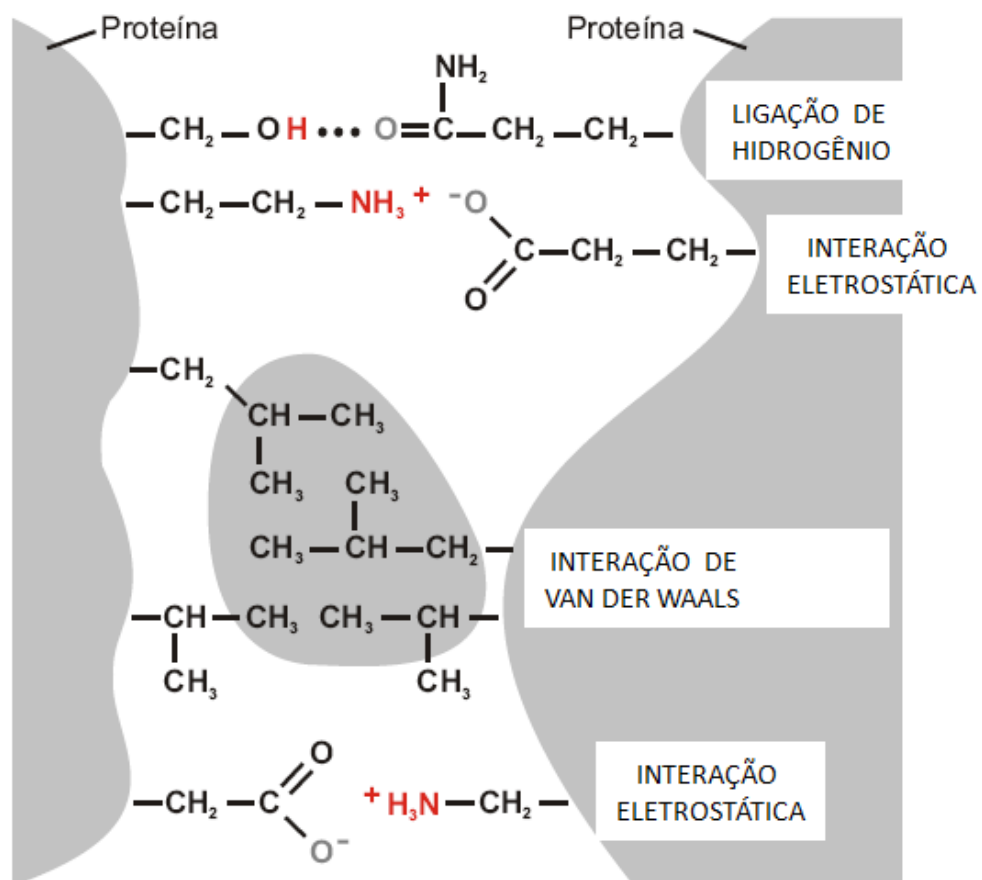
Essa estrutura descreve o dobramento final da cadeia polipeptídica por interações entre os grupos R de seus aminoácidos. Neste nível de organização, segmentos distantes da estrutura



primária podem aproximar-se e interagir através de ligações não-covalentes entre as cadeias laterais dos resíduos de aminoácidos. Estas ligações são consideradas fracas em relação às covalentes. O único tipo de ligação covalente que une os radicais na estrutura terciária são as pontes dissulfeto. Os tipos de ligações não covalentes que unem esses radicais são:

- a) ligações de hidrogênio: são estabelecidas entre os grupos R de aminoácidos polares e não apresentam um padrão regular como na estrutura secundária;
- b) interações de Van der Waals: são estabelecidas entre as cadeias laterais hidrofóbicas dos aminoácidos apolares. As cadeias hidrofóbicas localizam-se geralmente no interior apolar da proteína pois não interagem com a água;
- c) ligações eletrostáticas: a maioria dos grupos carregados de uma proteína localizam-se na superfície, estabelecendo interações íon-dipolo com a água. Essas interações também podem ocorrer entre grupos carregados com cargas diferentes de radicais de aminoácidos.

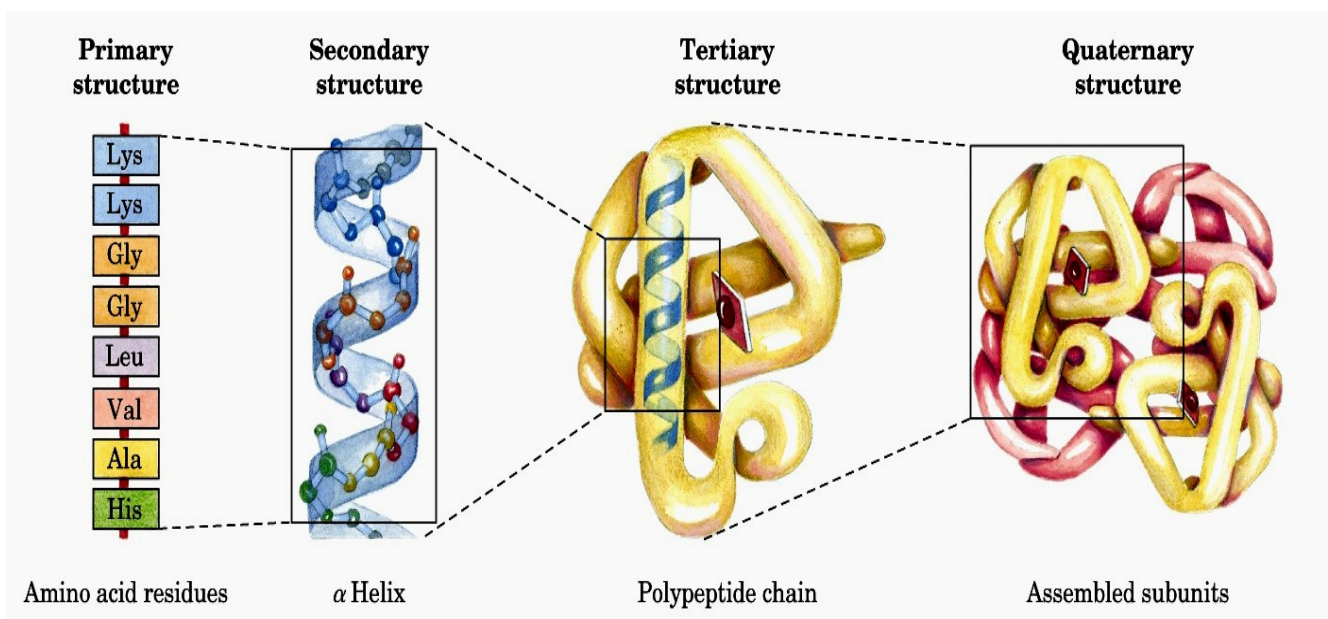
A Figura 7 ilustra os vários tipos de interações que constituem a estrutura terciária de uma proteína.



**FIGURA 7** – Estrutura terciária da proteína.

### 3.4) ESTRUTURA QUATERNÁRIA

A estrutura quaternária descreve a associação entre cadeias polipeptídicas que compõem uma proteína funcional como a hemoglobina. Essa estrutura é mantida por ligações não-covalentes entre as subunidades, parecido com o que ocorre com a estrutura terciária. Essas subunidades podem ser iguais ou diferentes entre si. A Figura 8 mostra todas as estruturas da hemoglobina.



**FIGURA 8** – Estrutura da hemoglobina.

### 4) PROTEÍNAS GLOBULARES E FIBROSAS

As proteínas são chamadas de globulares ou fibrosas segundo suas formas. As proteínas que apresentam uma ou mais cadeias polipeptídicas organizadas em uma forma final aproximadamente esférica são chamadas globulares. São geralmente solúveis e desempenham várias funções dinâmicas importantes no organismo. A mioglobina e a hemoglobina são exemplos de proteínas globulares.

As proteínas fibrosas apresentam forma alongada, são geralmente insolúveis e desempenham um papel basicamente estrutural nos sistemas biológicos. Ao contrário das globulares, são formadas pela associação de módulos repetitivos, possibilitando a construção de grandes estruturas. A queratina e o colágeno são exemplos de proteínas fibrosas.

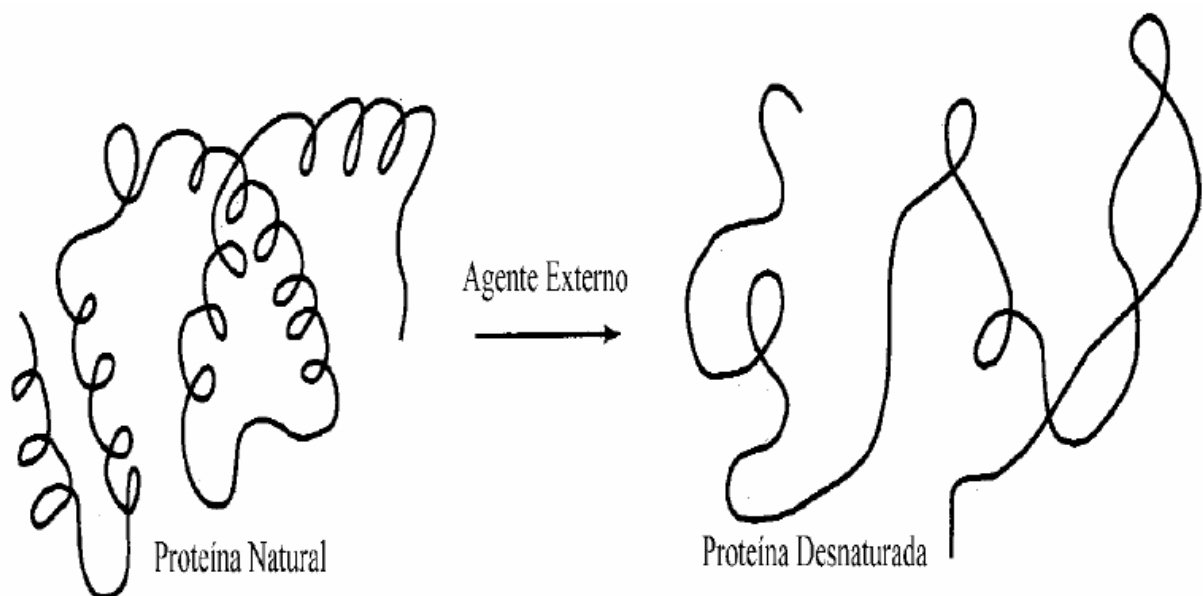
## 5) DESNATURAÇÃO

Quando uma proteína é sintetizada na célula, sua estrutura primária dobra-se espontaneamente, originando as estruturas secundária e terciária. Se a proteína possuir estrutura quaternária, esta também se organiza espontaneamente, assim que a estrutura terciária das subunidades componentes é formada. A proteína, então, assume sua forma nativa. Essa estrutura bem organizada é responsável pela função que a proteína exerce no organismo. Caso essa estrutura seja desmanchada, a proteína perde a sua função biológica se desnaturando, como mostra a Figura 9. A proteína é dita **desnaturada** quando sua conformação nativa é destruída devido à quebra de ligações covalente ou perda de interações intermoleculares, resultando em uma cadeia polipeptídica distendida.

A desnaturação de uma proteína pode ser causada por fatores físicos, como aumento de temperatura, ou químicos, como, por exemplo, pelo aumento do valor de pH da solução ou adição de outra espécie ao meio, como por exemplo solventes orgânicos. As estruturas afetadas pela desnaturação, nas condições citadas acima, são a terciária e quaternária.

Um exemplo de desnaturação ocorre na proteína do ovo, a albumina. Essa proteína, ao ser aquecida, perde sua forma original e se desnatura.

A temperatura de desnaturação da maioria das proteínas situa-se abaixo de 100°C pois sua estrutura é afetada. Valores de pH muito altos ou baixos afetam a ionização dos grupamentos das proteínas fazendo com que ocorram alterações em sua conformação. A adição de compostos orgânicos capazes de fazerem ligação de hidrogênio determina a desnaturação da proteína porque estes últimos agentes estabelecem ligações de hidrogênio com radicais da proteína substituindo ligações que mantinham a estrutura nativa.

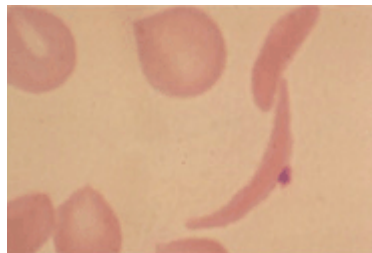


**FIGURA 9** – Desnaturação da estrutura protéica.

## 6) MUTAÇÃO

A substituição de aminoácidos em proteínas pode alterar as suas funções, fazendo com que ocorra uma mutação. Essa mutação causada pela substituição de um aminoácido por outro em uma posição crítica da proteína pode ter resultados desastrosos para o funcionamento do organismo pois a estrutura da proteína é alterada fazendo com que essa perca sua função original e se torne inativa.

Uma doença muito conhecida, advinda desse problema, é a anemia falciforme. A substituição, nas cadeias  $\beta$  da hemoglobina, de um resíduo de glutamato, cujo radical polar negativo localiza-se na superfície externa da molécula, por valina, com grupo R apolar, causa esse problema. As moléculas da hemoglobina substituída, quando desoxigenadas, agregam-se através de interações hidrofóbicas envolvendo os radicais apolares de valina. Os agregados formam um precipitado fibroso que distorce as hemácias, que adquirem forma de foice e por isso a hemoglobina é alterada, como mostra a Figura 10. Estas células deformadas obstruem os capilares, impedindo a oxigenação adequada dos tecidos sendo também mais frágeis que as normais, ocasionando anemia.



**FIGURA 10** – Precipitado fibroso na forma de foice.

## 7) PROTEÍNAS ESSENCIAIS

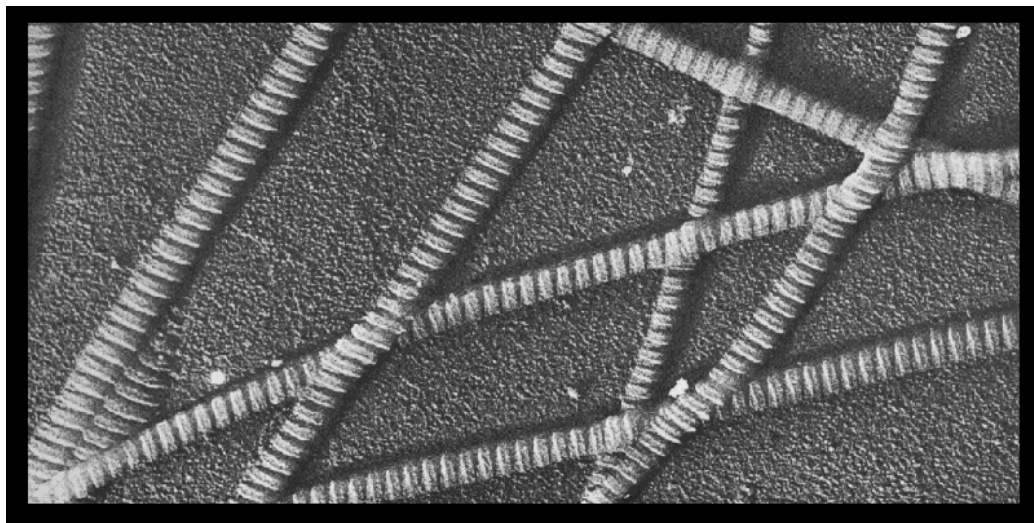
As proteínas são muito importantes nos processos biológicos e desempenham funções variadas no organismo dependendo de sua estrutura. Nesse capítulo abordaremos algumas das principais proteínas presentes em organismos vivos.

### 7.1) COLÁGENO

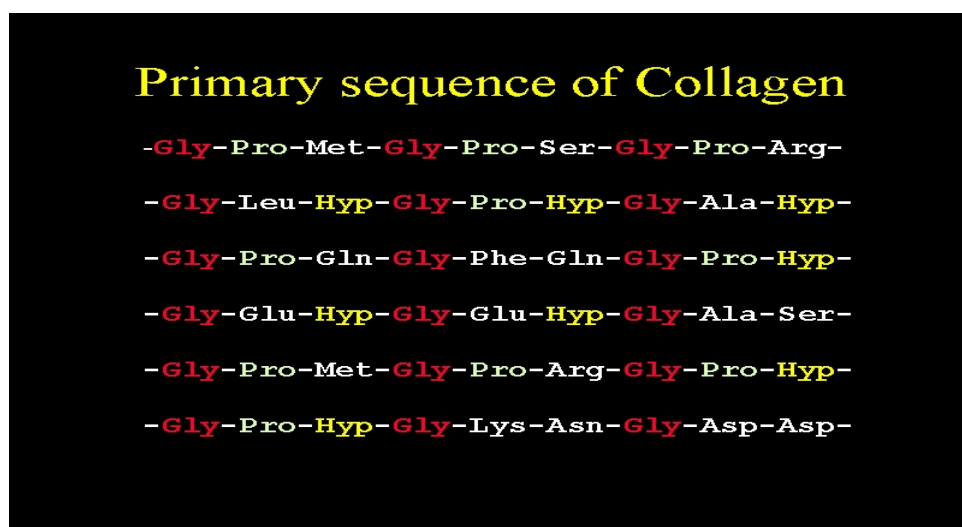
O colágeno é o principal componente fibroso de pele, osso, tendão, cartilagem e dentes, sendo a molécula mais abundante dos vertebrados. Esse tipo de proteína possui um tipo especial de hélice, ou seja, contêm três cadeias peptídicas helicoidais, cada uma com aproximadamente 1000 aminoácidos de comprimento. A Figura 11 mostra a estrutura da estrutura proteica do colágeno.

A sequência de aminoácidos no colágeno é extremamente regular sendo que a glicina aparece a cada três aminoácidos e a prolina aparece em quantidade bem maior do que na maioria de outras proteínas. Além disso, está presente também a hidroxiprolina, como mostra a Figura 12.

O colágeno é uma molécula em forma de bastão e sua estrutura difere em parte da estrutura em  $\alpha$ -hélice pois as ligações de hidrogênio entre os átomos de um mesmo filamento estão ausentes. Em vez disso, cada uma das três hélices do colágeno é estabilizada pela repulsão estérica dos anéis pirrolidona das cadeias laterais de prolina e hidroxiprolina. Os anéis pirrolidina se mantêm longe um do outro quando a cadeia peptídica assume essa forma helicoidal, que é muito mais aberta que a  $\alpha$ -hélice enrolada.



**FIGURA 11** – Estrutura fibrosa do colágeno.



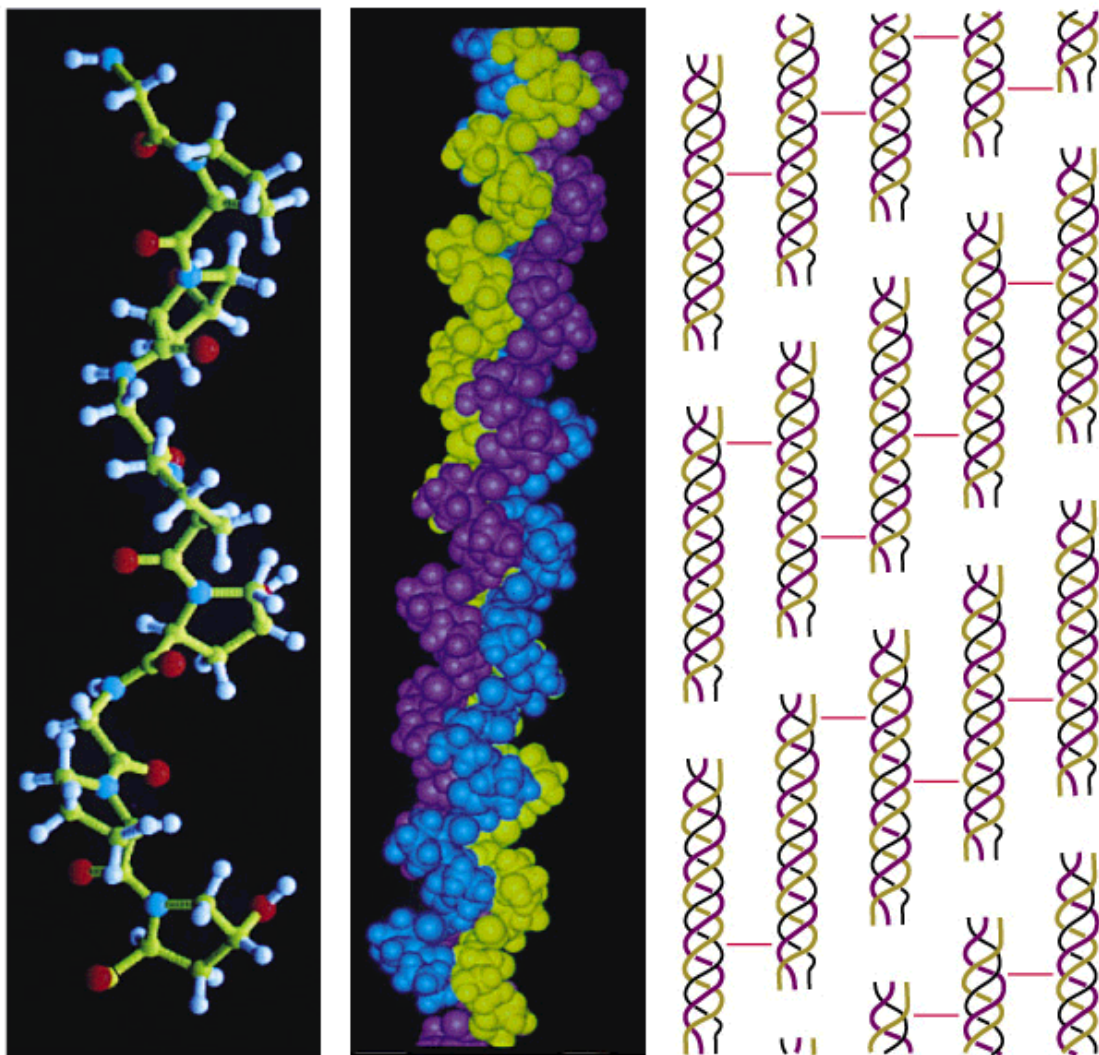
**FIGURA 12** – Sequência de aminoácidos de parte da estrutura protéica do colágeno.



As três se enrolam uma em torno da outra, formando um cabo superelicooidal. Em cada giro há aproximadamente três aminoácidos. Os três filamentos formam ligações de hidrogênio um com o outro. Os doadores de hidrogênio são os grupamentos NH peptídicos das glicinas, e os aceptores de hidrogênio são os grupamentos CO peptídicos de outras cadeias.

A glicina ocupa a posição de três em três aminoácidos em um trecho de 1000 aminoácidos que forma a região helicoidal do colágeno. O interior do cabo helicoidal trifilamentar é muito estreito e, de fato, a glicina é o único aminoácido que poderia caber em uma região tão pequena. Enquanto isso, os aminoácidos de cada lado da glicina se localizam no exterior do cabo, onde há espaço para anéis volumosos como a prolina e hidroxiprolina.

As hélices trifilamentares formadas se associam por ligações covalentes, como mostra a Figura 13, sendo que seu número aumenta no tecido com o aumento da idade do animal, sendo essa a razão que explica a maior rigidez da carne de animais mais velhos.



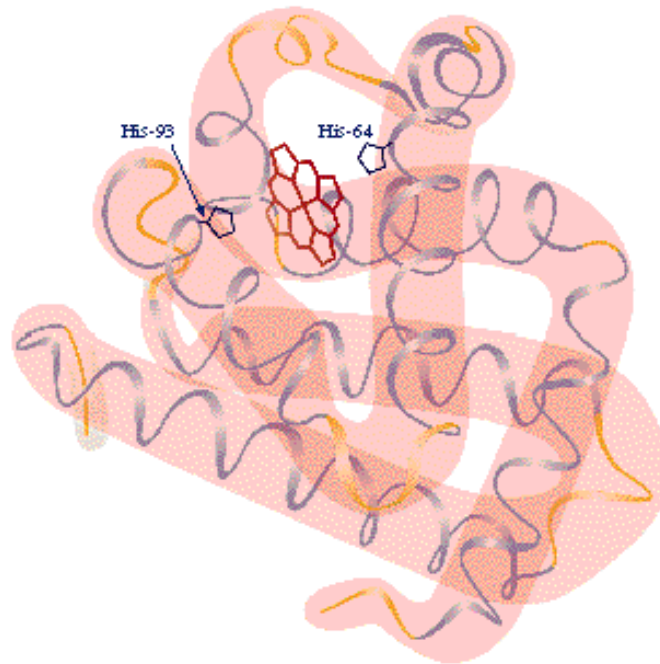
**FIGURA 13** – Estrutura protéica do colágeno.

A deficiência de colágeno no organismo denomina-se colagenose, acarretando alguns problemas como má formação óssea, rigidez muscular, problemas com crescimento, inflamação nas juntas musculares, doenças cutâneas, entre outros.

## 7.2) MIOGLOBINA

A mioglobina tem como função principal carregar e armazenar oxigênio no músculo, sendo considerada uma proteína globular. As maiores concentrações de mioglobina encontram-se no músculo esquelético e no músculo cardíaco, onde se requerem grandes quantidades de  $O_2$  para satisfazer a demanda energética das contrações.

A mioglobina é uma molécula extremamente compacta sendo constituída principalmente de  $\alpha$ -hélice, das quais há oito. Cerca de 75% da cadeia principal estão enrolados em  $\alpha$ -hélice e grande parte do resto da cadeia forma alças entre as hélices, como mostra a Figura 14.



**FIGURA 14** – Estrutura da mioglobina.

Essa proteína é constituída por uma cadeia polipeptídica única com 153 aminoácidos que contém um grupo heme com um átomo de ferro cuja função é de armazenar e transportar oxigênio. Dentro de uma cavidade hidrofóbica da proteína se encontra o grupo prostético heme. Esta unidade não peptídica se encontra unida de maneira não covalente à mioglobina sendo essencial para a atividade biológica da união de  $O_2$  da proteína, além de conferir sua coloração característica. O grupo heme consta de uma parte orgânica e um átomo de ferro. Para a mioglobina e a hemoglobina a

oxidação do  $\text{Fe}^{+2}$  destrói sua atividade biológica. No grupamento heme, a molécula de  $\text{O}_2$  encontra-se ligada apenas ao átomo de ferro.

O enovelamento da cadeia principal da mioglobina, como o de outras proteínas, é complexo. Contudo, um princípio global emerge da distribuição de cadeias laterais. O fato marcante é que o interior é constituído quase inteiramente de radicais apolares, como os de leucina, valina, metionina e fenilalanina. O exterior da mioglobina é composto tanto de radicais polares quanto de apolares.

A ligação do oxigênio à mioglobina (Mb) pode ser descrita por um equilíbrio simples:

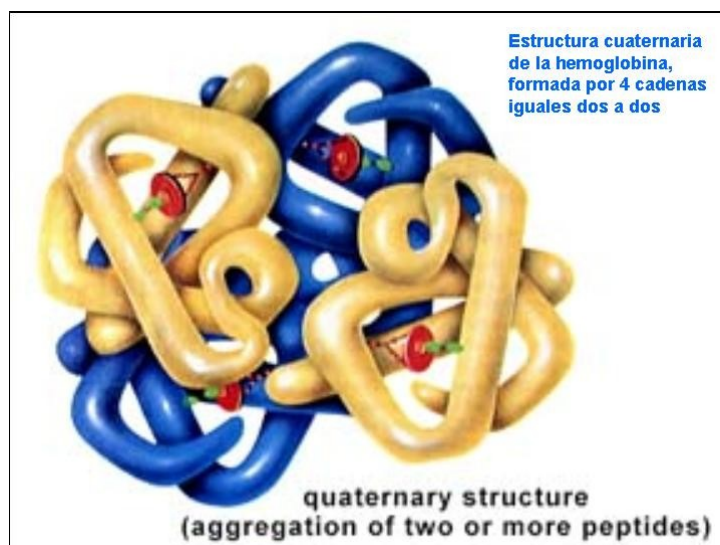


Observa-se dessa forma que a mioglobina se liga ao oxigênio do sangue e quando chega ao músculo se desoxigena para que este o utilize para produção de energia.

### 7.3) HEMOGLOBINA

A hemoglobina (principal constituinte das hemácias ou glóbulos vermelhos) é uma proteína globular tida como eficiente transportadora de oxigênio, além de exercer um poderoso tampão no sangue evitando que os valores de pH sofram alterações abruptas. A deficiência dessa proteína no sangue causa a anemia.

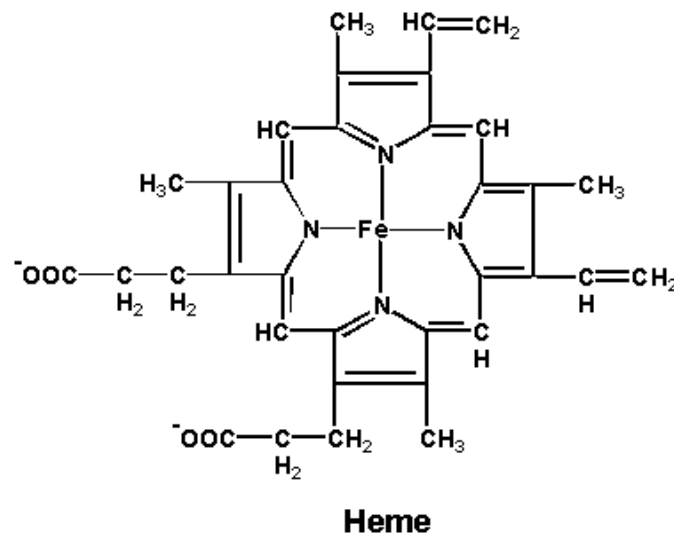
As hemoglobinas de vertebrados são constituídas de quatro subunidades (cadeias) polipeptídicas. As quatro cadeias da estrutura quaternária são mantidas juntas por atrações não covalentes. Cada cadeia contém um grupamento heme com um centro de ligação ao oxigênio, como mostra a Figura 15.



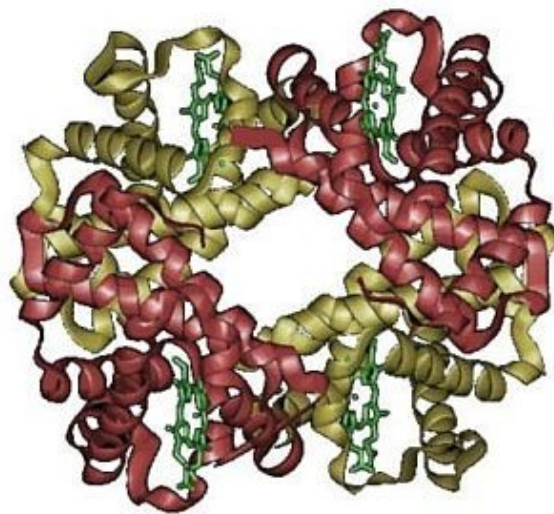
**FIGURA 15** – Estrutura da hemoglobina.



A molécula de hemoglobina é praticamente esférica e suas quatro cadeias estão empacotadas juntas, num arranjo tetraédrico. Os grupamentos heme estão localizados em fendas perto do exterior da molécula, um em cada subunidade. Como o  $O_2$  é pouco solúvel em água, o organismo tem uma proteína que faz o transporte de  $O_2$  (hemoglobina) através do grupo heme. Assim como na mioglobina, na hemoglobina o oxigênio se une ao átomo de Fe do grupamento heme para ser transportado. A estrutura do grupamento heme é mostrada a seguir.



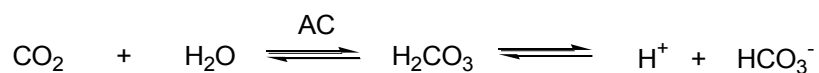
Comparando-se a estrutura da mioglobina com uma subunidade da hemoglobina, percebe-se que ambas são muito parecidas já que possuem funções semelhantes: carregar oxigênio. Assim como a mioglobina, a hemoglobina é formada por cerca de 75% de sua estrutura em  $\alpha$ -hélice e o enovelamento de suas subunidades também se assemelha ao da outra proteína. Isso ocorre pois esta conformação coloca o grupamento heme num ambiente que o facilita a carregar o oxigênio reversivelmente, como mostra a figura 16.



**FIGURA 16** – Enovelamento da hemoglobina.

### 7.3.1) Transporte de oxigênio

Ao inspirarmos, instalamos  $O_2$  nos pulmões. Nos tecidos, o  $CO_2$  produzido pelo metabolismo celular difunde-se pelas hemácias onde é hidratado rapidamente em uma reação catalisada pela anidrase carbônica, dando origem ao ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ). No valor de pH do sangue o  $H_2CO_3$  dissocia-se em  $H^+$  e  $HCO_3^-$ .



A hemoglobina que sai do pulmão apresenta-se totalmente oxigenada e ao chegar aos tecidos libera o  $O_2$  (pois a  $pO_2$  é muito baixa e há uma alta  $[H^+]$ ) e se liga aos íons  $H^+$ . O bicarbonato é levado pelo sangue até os pulmões onde se combina com o íon  $H^+$  (transportado pela hemoglobina e liberado no pulmão quando a mesma for oxigenada) produzindo  $H_2CO_3$ , que forma  $CO_2$  que é exalado e água.

### 7.4) ALBUMINA

Albumina refere-se de forma genérica a uma classe de proteínas, e não uma proteína em específico, de alto valor biológico. A estrutura secundária desta proteína é formada basicamente em  $\alpha$ -hélice, como mostra a Figura 17. Proteínas desta classe são encontradas no plasma e diferem das outras proteínas plasmáticas porque não são glicosiladas. Essa classe de proteínas é solúvel em água e sofre desnaturação na presença de calor, estando presente no sangue, na clara do ovo e no leite. Esta proteína é a principal classe de proteínas presente no plasma sanguíneo e é sintetizada pelo fígado. A concentração normal de albumina no sangue fica entre 3,5 e 5,0 gramas por decilitro, e é cerca de 50% das proteínas plasmáticas.

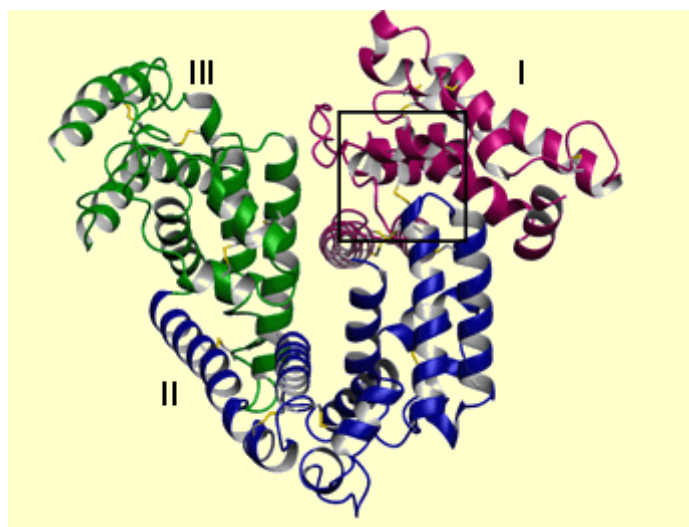
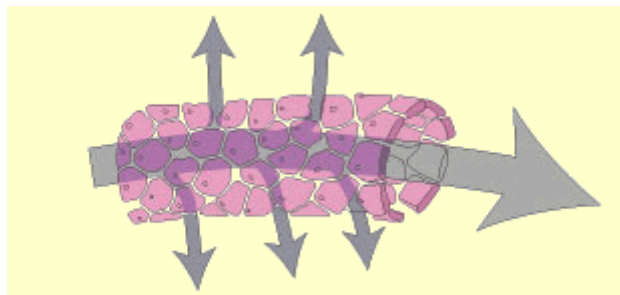


FIGURA 17 – Estrutura da albumina.

As albuminas são classificadas em: soroalbumina (presente no plasma sanguíneo), ovoalbumina (presente na clara do ovo), lactoalbumina (presente no leite).

A albumina é uma proteína de fundamental importância para os seres humanos devido a várias funções importantes que exerce no organismo, como mostraremos a seguir.

A soroalbumina é fundamental para a manutenção da pressão osmótica, necessária para a distribuição correta dos líquidos corporais entre o compartimento intravascular e o extravascular, localizado entre os tecidos, sendo também responsável pela viscosidade do plasma. Caso os níveis desta proteína estejam baixos no sangue, a água que circula nos vasos se infiltra pelos tecidos e forma o edema, como mostra a Figura 18. Quando isso ocorre, o paciente urina pouco para poupar o líquido que não está no seu devido lugar, isto é, circulando e fica inchado.



**FIGURA 18** – Extravasamento do plasma sanguíneo pela baixa taxa de soroalbumina no plasma.

Dentre outras funções da soroalbumina, pode-se citar: transporte de ácidos graxos, fármacos, hormônios tireoidais e lipossolúveis e controle do pH.

Apesar de ser extremamente importante para o organismo, essa proteína não deve ser ingerida de forma descontrolada pois seu consumo em excesso causa ganho de peso e doenças renais e hepáticas.

## 8) MUDANÇAS ESTRUTURAIS NAS PROTEÍNAS

A distribuição contrastante de radicais polares e apolares revela uma faceta importante da arquitetura das proteínas. Em um meio aquoso, o enovelamento das proteínas é impulsionado pela forte tendência dos aminoácidos hidrófobos a se excluir da água. A água é altamente coesiva e os grupamentos hidrófobos são mais estáveis quando aglomerados no interior da molécula do que quando projetados para o meio aquoso. A cadeia polipeptídica, portanto, se enovela espontaneamente, de modo que suas cadeias laterais hidrófobas fiquem imersas e que suas cadeias polares carregadas fiquem na superfície. O destino da cadeia principal que acompanha as cadeias laterais hidrófobas é também importante. Um NH ou CO peptídico não pareado prefere mais água ao meio apolar. O segredo para imergir um segmento de cadeia principal em um

**ambiente hidrófobo é parear todos os seus grupamentos NH e CO por ligações de hidrogênio. Esse pareamento é conseguido em uma  $\alpha$ -hélice ou folha  $\beta$ -pregueada. Ligações de Van der Waals entre cadeias laterais hidrocarbonadas firmemente acondicionadas também contribuem para a estabilidade da proteína.**

Na preparação da alimentação do dia a dia nos deparamos com a modificação dessas estruturas das proteínas estudadas, principalmente quando cozinhamos carne bovina. Cozinhar modifica a cor e a textura da carne. A variação da cor é devida a modificações na mioglobina. Uma pequena quantidade de calor conduz a uma entrada de oxigênio na mioglobina, mantendo-se a carne vermelha. Por adição de mais calor, o processo inverte-se e a mioglobina liberta o oxigênio; a continuação da adição de calor causa a oxidação do ferro tornando-se a carne castanha. O calor provoca a desnaturação do colágeno conduzindo a uma carne mais macia. A desnaturação do colágeno pode ser também alcançada pela utilização de enzimas tais como a bromelaina (do abacaxi) ou papaina (do mamão papaia).

## 9) OUTRAS PROTEÍNAS ESSENCIAIS

Além das proteínas citadas anteriormente, muitas outras são de extrema importância para a boa manutenção do organismo. A Tabela 3 apresenta outras proteínas importantes para a estrutura dos organismos vivos.

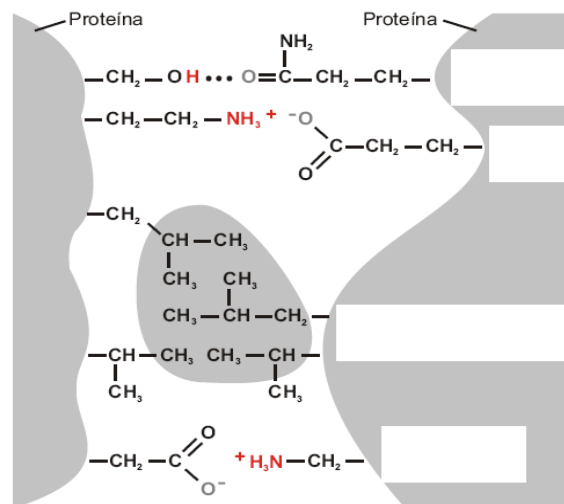
**TABELA 3** – Proteínas importantes para os organismos vivos.

PROTEÍNA	IMPORTÂNCIA	LOCALIZAÇÃO
Queratina	Impermeabilizante	Fios de cabelo, pele e unhas
Glúten	Absorção de água	Cereias
Caseína	Fornecimento de aminoácidos essenciais	Principal proteína do leite
Actina e Miosina	Contração muscular	Músculo
Elastina	Melhorar a elasticidade	Pele

### EXERCÍCIOS

- 1) Defina o que são proteínas e cite 4 propriedades que estas podem exercer no organismo.
- 2) Explique o que são aminoácidos, apresente sua estrutura geral, cite quais são as classes nas quais são classificados e dois exemplos de cada classe.
- 3) Apresente o peptídeo formado pela união dos aminoácidos valina-triptofano-serina-glutamato, indique a ligação peptídica com uma seta e classifique as cadeias laterais destes aminoácidos. Qual é o tipo de estrutura do peptídeo responsável pela união destes aminoácidos?
- 4) Diferencie aminoácidos essenciais e não essenciais. Cite 3 aminoácidos, suas funções no organismo e a fonte na qual pode ser encontrado.
- 5) Defina desnaturação e mutação. Quais fatores são responsáveis pela desnaturação de proteínas? Cite exemplos. Quais estruturas das proteínas podem ser afetadas por essas condições de desnaturação.
- 6) Diferencie proteínas fibrosas e globulares.
- 7) Qual é a importância do colágeno no organismo e o que a sua falta pode acarretar?
- 8) A glicina ocupa a posição de três em três aminoácidos em um trecho de 1000 aminoácidos que forma a região helicoidal do colágeno. O que poderia ocorrer se o organismo substituísse, na síntese do colágeno, um dos aminoácidos glicina por tirosina? Qual é o nome desse fenômeno?
- 9) Qual é a função da mioglobina e da hemoglobina no organismo?
- 10) Qual é a importância da soroalbumina para os seres humanos? Qual é a proteína presente no ovo?
- 11) Cite outros 3 exemplos de proteínas e em quais fontes podem ser encontradas.
- 12) Explique como é feito o transporte de oxigênio nos seres humanos.
- 13) A figura a seguir mostra parte de uma proteína formada por uma cadeia polipeptídica .
  - a) Preencha os espaços em branco indicando os tipos de interações que estão mantendo essa estrutura;

b) Qual é o tipo de estrutura da proteína que é mantida por esses tipos de interações?



c) O que poderia ocorrer se essa proteína fosse colocada em meio de ácido clorídrico concentrado? Explique.

d) O que poderia ocorrer se essa proteína fosse submetida ao aquecimento? Qual o tipo de estrutura dessa proteína poderia ser afetada?

14) "Existem razões para supor que, nos animais e nas plantas, ocorrem milhares de processos catalíticos nos líquidos do corpo e nos tecidos. Tudo indica que, no futuro, descobriremos que a capacidade de os organismos vivos produzirem os mais variados tipos de compostos químicos reside no poder catalítico de seus tecidos." A previsão de Berzelius estava correta, e hoje sabemos que o "poder catalítico" mencionado no texto deve-se:

- a) aos ácidos nucleicos.
- b) aos carboidratos.
- c) aos lipídios.
- d) às proteínas.
- e) às vitaminas.

15) Considere as seguintes afirmações:

- I - As proteínas são moléculas de grande importância para os organismos - atuam tanto estruturalmente como também metabolicamente.
- II - As enzimas são proteínas que atuam como catalisadores biológicos.
- III - Existem proteínas que atuam como linhas de defesa do organismo e algumas delas são conhecidas como anticorpos.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I
- b) Apenas II
- c) Apenas III
- d) Apenas II e III
- e) I, II, III

## CAPÍTULO 4 - CARBOIDRATOS

Carboidratos, também conhecidos como hidratos de carbono, são compostos formados por C, H e O que, em sua maioria, seguem a fórmula  $C_n(H_2O)_n$ , ou seja, são poliidroxialdeídos ou poliidroxicetonas ou, então, substâncias que, por hidrólise, liberam estes compostos. Os carboidratos são os compostos mais abundantes na matéria orgânica na Terra e exercem diversas funções biológicas importantes, dentre as quais pode-ser destacar:

- a) fonte energética: o primeiro composto orgânico a ser oxidado pelos organismos vivos para produzir energia é a glicose, ou seja, os carboidratos em geral são compostos que fornecem energia imediata para o metabolismo;
- b) reserva energética: parte dos carboidratos que não são consumidos são armazenados nos organismos vivos na forma de glicogênio (nos animais) ou amido (nas plantas). Quando os níveis de glicose estão baixos no sangue, o corpo promove a quebra das moléculas do glicogênio (polímero formado pela união de várias moléculas de glicose) em glicose para geração de energia;
- c) estrutural: os carboidratos fazem parte de estruturas de sustentação importantes na natureza como, por exemplo, a celulose que contribui para a conformação da parede celular vegetal e a pectina que oferece rigidez às cascas das frutas;
- d) integrar outras biomoléculas: os açúcares estão presentes na estrutura de outras biomoléculas como, por exemplo, na estrutura dos ácidos nucleicos (DNA e RNA);
- e) interação célula-célula: as unidades glicídicas nas superfícies das células são participantes importantes nos processos de reconhecimento de célula a célula. A fertilização começa com a ligação de um espermatozóide a um sacarídeo específico na superfície do óvulo.

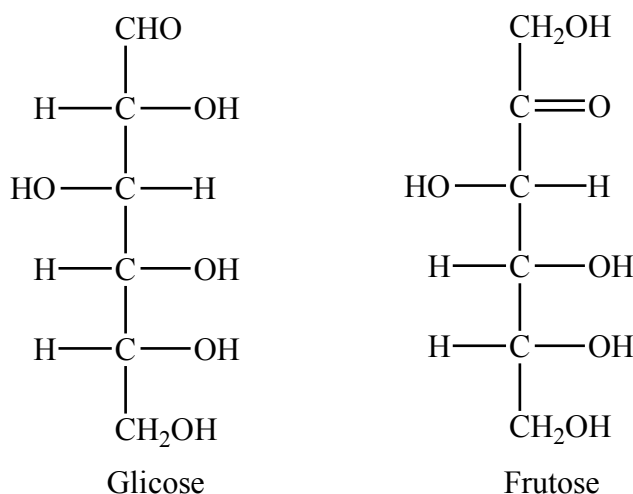
### 1) CLASSIFICAÇÃO

Os carboidratos podem ser classificados em: monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos.

#### 1.1) MONOSSACARÍDEOS

Os monossacarídeos consistem de uma única unidade de açúcar que não pode ser convertido em outro açúcar pela hidrólise com ácido. Existem 2 famílias de monossacarídeos. Se o açúcar contém um grupo aldeído, o monossacarídeo é chamado de aldose, se ele contém um grupo cetona, o

monossacarídeo é chamado de cetose. Dentre os principais monossacarídeos pode-se destacar: glicose, frutose, galactose e a ribose. As estruturas da glicose e da frutose são mostradas na Figura 1.



**FIGURA 1** – Fórmula estrutural da glicose e frutose.

Os monossacarídeos são as unidades básicas dos carboidratos e são constituídos por um grupamento cetona ou aldeído e hidroxilas ligadas à estrutura principal da cadeia. Esses carboidratos são o principal combustível para a maioria dos seres vivos.

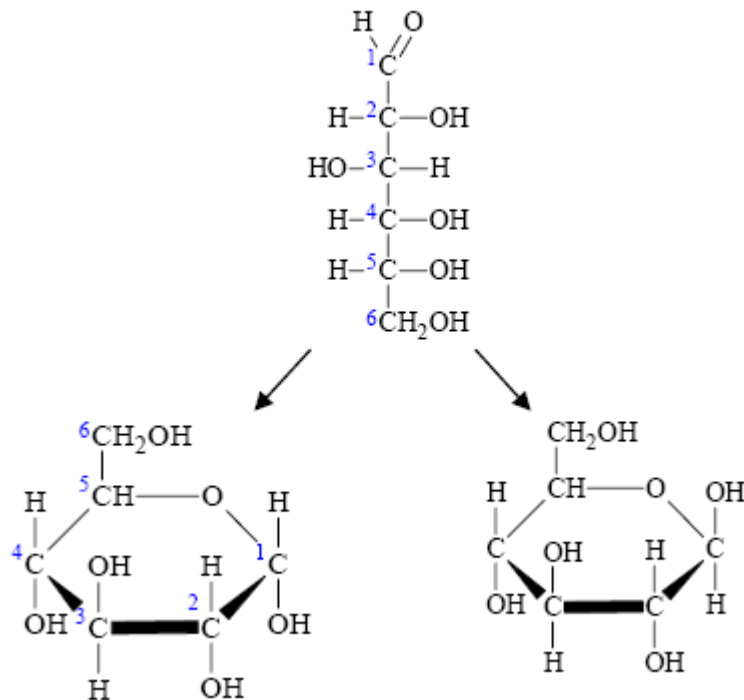
Os monossacarídeos são classificados de acordo com a natureza química do grupo carbonila e pelo número de seus átomos de carbono. Os que possuem grupos aldeídicos são chamados de aldoses e os que possuem grupos cetônicos são chamados de cetoses.

#### 1.1.1) Ciclização de monossacarídeos

Em solução aquosa menos de 1% das aldoses e cetoses se apresentam como estruturas de cadeia aberta. Os monossacarídeos com 5 ou mais átomos de carbono ciclizam-se formando anéis pela reação entre uma extremidade que contém a hidroxila e a outra que contém o grupo carbonílico, dando origem a hemiacetais ou hemicetais. A reação de ciclização intermolecular torna os monossacarídeos produtos mais estáveis para serem armazenados nos organismos vivos devido à sua forma mais compacta.

Para ilustrar a ciclização, pode-se citar como exemplo a estrutura da glicose como mostra a Figura 2. O aldeído em C1 na forma em cadeia aberta da glicose reage com a hidroxila em C5, produzindo um anel com 6 átomos. No caso das cetoses, ocorre a formação de um anel com 5 átomos. Essas estruturas são conhecidas como projeções de Haworth. O anel heterocíclico é representado perpendicular ao plano do papel enquanto os grupos presentes nas fórmulas lineares à direita estão projetadas “abaixo” do plano do anel e os que estão à esquerda ficam acima.

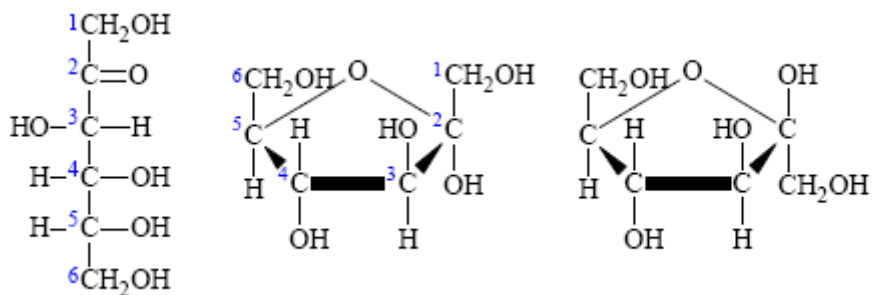




**FIGURA 2** – Ciclização da molécula de glicose.

O carbono carbonílico (C1 em aldoses ou C2 em cetoses) do monossacarídeo cíclico é chamado de carbono anomérico.

Os monossacarídeos como a frutose e a ribose ciclizam-se para dar origem a um anel de cinco membros como mostra a Figura 3.



**FIGURA 3** – Ciclização da molécula de frutose.

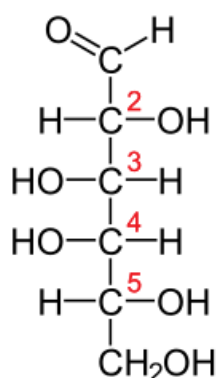
#### 1.1.2) Principais monossacarídeos

Os principais monossacarídeos encontrados em alimentos e utilizados pelo homem são: glicose, frutose e a galactose. Todos esses monossacarídeos apresentam fórmula  $C_6H_{12}O_6$  e são fontes de energia para o organismo.

A frutose é um monossacarídeo importante presente no organismo humano e na maioria das plantas sendo encontrada em frutas, vegetais e no mel. A frutose vem sendo empregada como

adoçante de bebidas industrializadas, constituindo de 4,0% a 8,0% de seu peso, em decorrência de algumas características como a maior solubilidade em soluções aquosas e pelo fato de ser mais doce, cerca de 1,7 vez mais que a sacarose. Alimentos produzidos em confeitarias têm, em média, 1,0% a 2,0% de frutose, porém se esses alimentos apresentarem frutas na composição, a quantidade de frutose pode aumentar para cerca de 11,0%. O mel fornece a maior concentração de frutose (42,4% do peso), sendo considerado um adoçante natural. Além disso, muitos especialistas indicam a utilização moderada da frutose por diabéticos pois esta não necessita de insulina para entrar na célula.

A galactose é um dos açúcares mais abundantes, sendo encontrada principalmente na estrutura da lactose, um glicídio presente no leite. Este monossacarídeo é menos doce que a glicose e é um constituinte de glicolípídeos e glicoproteínas. A Figura 4 mostra a estrutura desse açúcar.



**FIGURA 4** – Estrutura da molécula de galactose.

A glicose é o carboidrato mais abundante e mais importante para os seres humanos pois é através de sua oxidação que o organismo obtém energia. Tem função de fornecer energia, participar das vias metabólicas, além de ser precursora de outras importantes moléculas e estar presente na membrana celular.

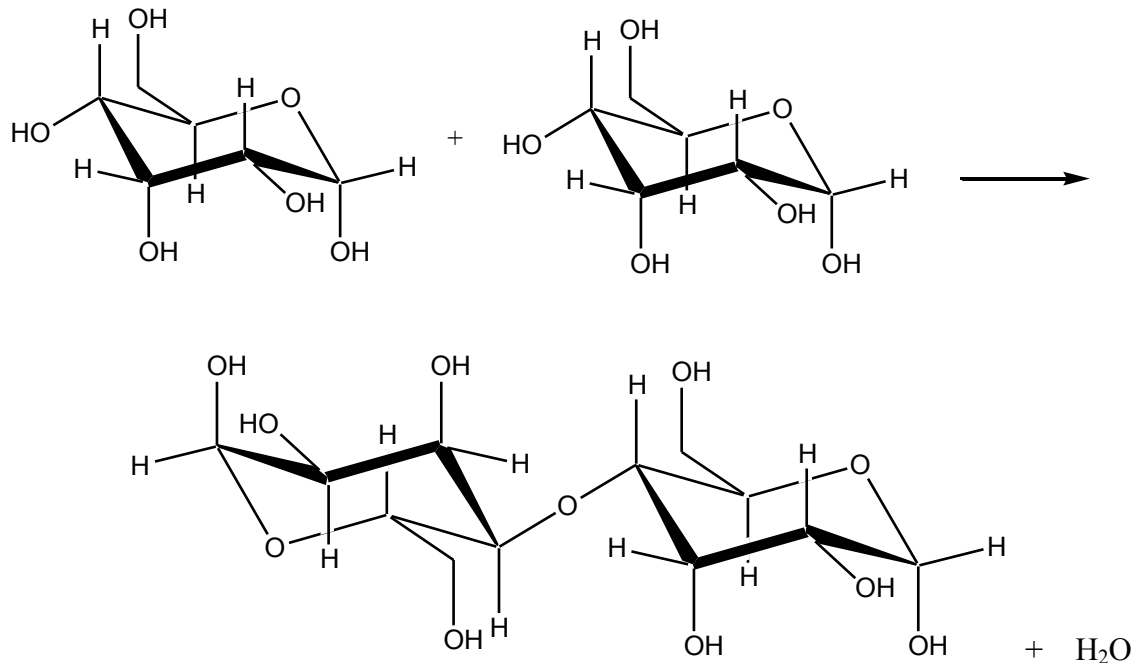
Juntamente com a frutose e a galactose, a glicose é o carboidrato fundamental de carboidratos maiores, como sacarose e maltose. Outros polissacarídeos, como o amido e celulose, são polímeros formados pela união de várias moléculas de glicose. Esse açúcar é industrialmente obtido a partir do amido.

No metabolismo, a glicose é uma das principais fontes de energia e fornece 4 calorias de energia por grama. A glicose é um dos principais produtos da fotossíntese e inicia a respiração celular em procariontes e eucariontes.

## 1.2) DISSACARÍDEOS

Dissacarídeos são carboidratos formados pela união de 2 monossacarídeos, ou seja, consistem de uma estrutura pequena de unidades de açúcar.

Dois ou mais monossacarídeos podem se unir através da ligação glicosídica em uma reação que há liberação de água como mostra a Figura 5. A ligação glicosídica é formada pela união do átomo de carbono anomérico de um açúcar com um grupamento hidroxila do outro açúcar.



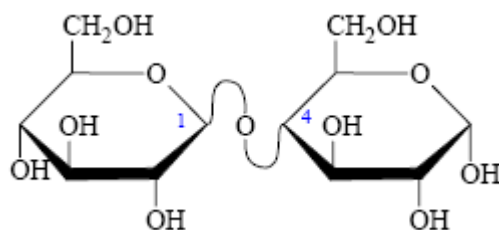
**FIGURA 5** – Formação da ligação glicosídica.

### 1.2.1) Principais dissacarídeos

Dentre os principais dissacarídeos importantes para os seres vivos pode-se destacar: lactose e a sacarose.

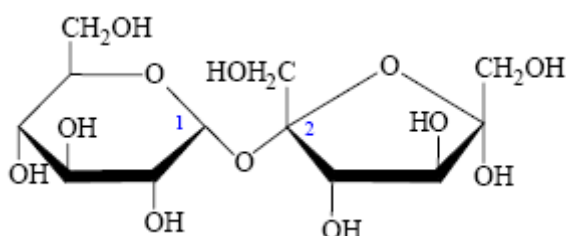
Lactose é um dissacarídeo presente no leite e seus derivados apresentando sabor fracamente doce. A lactose é formada por dois carboidratos menores, chamados monossacarídeos, a glicose e a galactose como mostra a Figura 6.

O leite humano contém de 6-8% de lactose e o de vaca de 4-6%. Esse açúcar é hidrolisado somente pela ação da lactase, uma enzima específica que o transforma em glicose e galactose. Na maior parte dos mamíferos, a enzima responsável pela sua hidrólise (a lactase) só é sintetizada durante o período de aleitamento. Na ausência de lactase, a lactose não pode ser digerida, tornando-se por isso uma fonte de alimento abundante para a flora intestinal (que então começa a crescer descontroladamente), e originando por isso náuseas e vômitos, assim como diarreia.



**FIGURA 6** – Estrutura da lactose.

A sacarose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), também conhecida como açúcar de mesa, é um tipo de glicídio formado por uma molécula de glicose e uma de frutose, como mostra a Figura 7, produzida pela planta ao realizar o processo de fotossíntese.



**FIGURA 7** – Estrutura da sacarose.

A sacarose é amplamente distribuída entre as plantas superiores. *Encontra-se na cana-de-açúcar e na beterraba*, sendo que o suco da primeira, a garapa, contém de 15-20% e o da segunda de 14-18% de sacarose. É doce e a sua fermentação por leveduras é muito utilizada comercialmente.

O açúcar de mesa, sacarose, é produzido comercialmente a partir de cana-de-açúcar ou de beterraba. Pelo menos metade da energia necessária para um indivíduo viver seu dia-a-dia pode ser encontrada na natureza, sob a forma de açúcares e amidos.

A produção brasileira de sacarose, ou açúcar comum, é basicamente a partir da extração do caldo da cana-de-açúcar. Em um processo industrial, a produção baseia-se em moer, filtrar e ferver o caldo para em seguida centrifugar o melado transformando-o em açúcar. A adição de compostos químicos ao açúcar vão definir qual o tipo que será produzido.

### 1.3) POLISSACARÍDEOS

Polissacarídeos são biomoléculas formadas pela polimerização de várias unidades de monossacarídeos unidos entre si por ligações glicosídicas que formam uma longa cadeia. Esses compostos são insolúveis em água e não apresentam sabor doce.

### 1.3.1) Principais polissacarídeos

Dentre os principais polissacarídeos importantes para os seres vivos pode-se destacar: amido, glicogênio e a celulose.

O amido é um polissacarídeo depositado nos cloroplastos das células vegetais sendo a forma de armazenamento de glicose nas plantas e o combustível utilizado pelas células do organismo. O organismo dos seres humanos consegue degradar amido pois possui enzimas específicas para exercer essa função, a amilase.

O amido contém 2 tipos de polímeros da glicose: a amilose e a amilopectina. A amilose consiste de cadeias longas não ramificadas de unidades de glicose conectadas por ligações ( $\alpha$  1-4) como mostra a Figura 8. A amilopectina é uma estrutura altamente ramificada formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas ( $\alpha$  1-4), mas também por várias ligações ( $\alpha$  1-6), como mostra a Figura 9, nos pontos de ramificação que ocorrem entre cada 24 e 30 unidades.

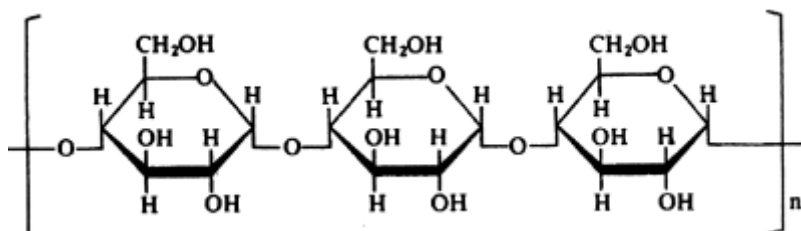


FIGURA 8 – Estrutura da amilose.

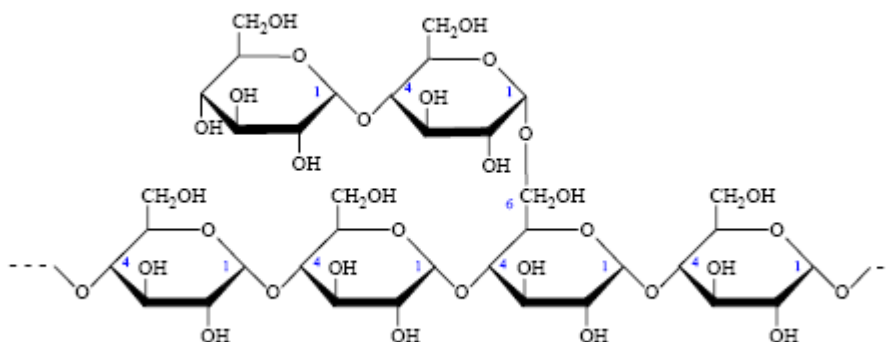
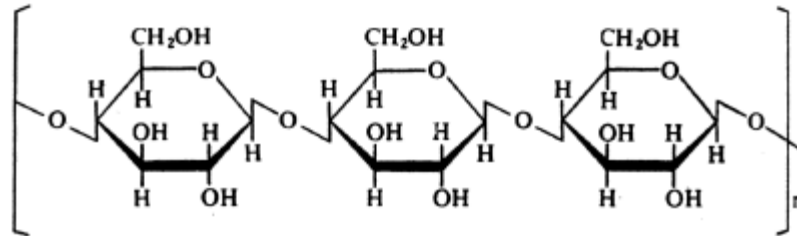


FIGURA 9 – Estrutura da amilopectina.

A celulose é uma substância fibrosa, resistente e insolúvel em água e é encontrada na parede celular dos vegetais.

A celulose é um polímero de glicose formado por uma cadeia linear e não ramificada. As ligações entre as unidades da glicose apresentam configuração  $\beta$  1-4. A celulose apresenta uma estrutura rígida decorrente disso, na qual várias cadeias lineares estendidas lado a lado podem

formar uma rede estabilizadora de ligações de hidrogênio inter e intracadeias, resultando em fibras estáveis, retas e resistentes à tensão. Apresenta estrutura rígida devido à estrutura linear de sua cadeia como mostra a Figura 10.

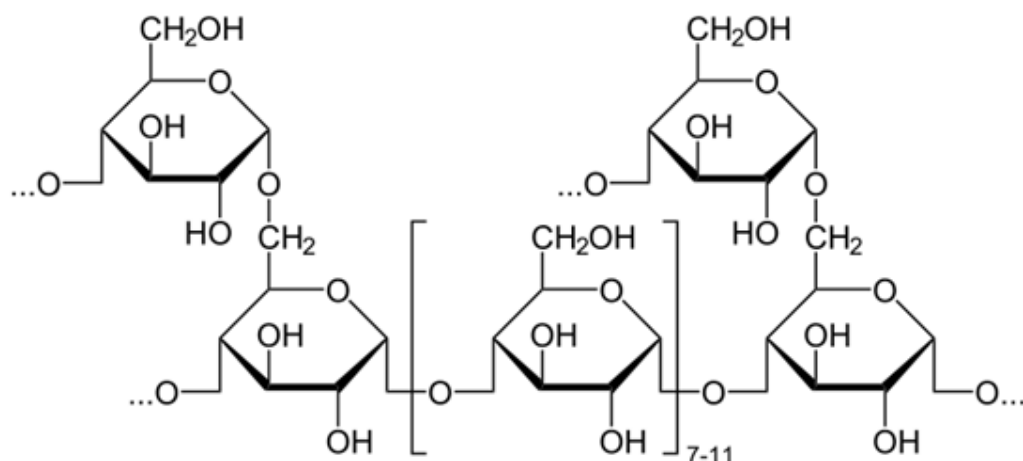


**FIGURA 10** – Estrutura da celulose.

Os seres humanos não conseguem degradar a celulose enquanto os ruminantes são capazes pois possuem bactérias no trato intestinal que possuem uma enzima chamada celulase que consegue degradar celulose.

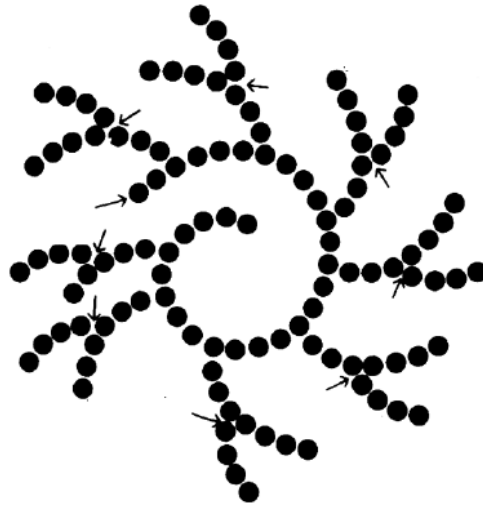
O glicogênio é um polissacarídeo de armazenamento. Este polímero de glicose é armazenado no fígado e funciona como reserva energética. Este polissacarídeo é a mais importante forma de açúcar de reserva da glicose das células animais.

O glicogênio é um polímero de subunidades de glicose unidas através de ligações ( $\alpha$  1-4) com ligações ( $\alpha$  1-6) nas ramificações. Este polímero é extensamente ramificado e mais complexo que o amido. A estrutura do glicogênio assemelha-se à da amilopectina, exceto pelo maior número de ramificações que ocorrem no intervalo de 7 a 11 unidades de glicose, como mostra a Figura 11. Essa estrutura altamente ramificada torna suas unidades de glicose mais facilmente mobilizáveis em períodos de necessidade metabólica.



**FIGURA 11** – Estrutura do glicogênio.

As ligações ( $\alpha$  1-4) dos polissacarídeos no amido e glicogênio forçam esses polímeros a assumirem uma estrutura helicoidal estreitamente compacta.



**FIGURA 12** – Estrutura helicoidal do glicogênio.

## 2) METABOLISMO CELULAR

Os organismos dependem do meio ambiente para obter energia e moléculas precursoras. Para se manterem vivos e desempenharem diversas funções biológicas, os organismos necessitam continuamente de energia. De fato, qualquer organismo vivo constitui, no seu conjunto, um sistema estável de reações químicas e de processos físico-químicos mantidos afastados do equilíbrio; a manutenção deste estado contraria a tendência termodinâmica natural de atingir o equilíbrio e só pode ser conseguida através de energia, retirada do meio ambiente. Como, por outro lado, os organismos perdem energia para o meio ambiente, sua estabilidade deve ser vista como um processo dinâmico. Alguns organismos, chamados fototróficos, estão adaptados a obter a energia que necessitam da luz solar; outros, os quimiotróficos, obtém energia oxidando compostos encontrados no meio ambiente.

As substâncias oxidáveis utilizadas pelos seres humanos, em particular, estão presentes nos seus alimentos, principalmente sob a forma de carboidratos, lipídios e proteínas. Há também reservas endógenas de carboidratos e lipídeos que são oxidados no intervalo entre as refeições.

Os nutrientes, ao serem oxidados, perdem prótons e elétrons ( $H^+ + e^-$ ) para o oxigênio molecular, que é então convertido à água. A energia derivada desta oxidação é utilizada para sintetizar um composto rico em energia, a adenosina trifosfato (ATP), a partir de adenosina difosfato (ADP) e fosfato inorgânico (Pi). É a energia química do ATP que será diretamente utilizada para promover os processos biológicos que consomem energia. Em resumo, para que a energia derivada da oxidação dos alimentos possa ser aproveitada pelas células, ela deve estar sob a forma da ATP.

### 3) RESPIRAÇÃO CELULAR

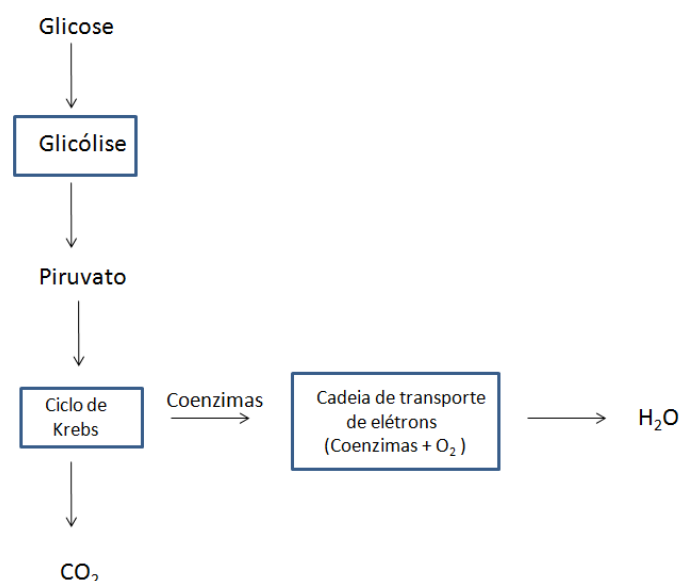
A respiração é o processo de obtenção de energia pela oxidação de moléculas orgânicas, principalmente glicose. O processo global pode ser representado pela seguinte equação:



Todas as células oxidam glicose a piruvato para obter ATP. O piruvato pode ser oxidado a  $\text{CO}_2$ , aumentando muito a produção de ATP. Para obterem ATP a partir de glicose, todas as células lançam mão de sua oxidação parcial a piruvato. A conversão de glicose a piruvato permite aproveitar somente uma pequena parcela da energia total da glicose, ficando a maior parte conservada como piruvato. De fato, a oxidação total da glicose libera uma quantidade de energia equivalente a  $2870 \text{ kJ.mol}^{-1}$ , mas a conversão da glicose a piruvato libera apenas  $200 \text{ kJ.mol}^{-1}$ . Nas células aeróbias o piruvato é subsequenteemente oxidado, trazendo um enorme ganho na produção de ATP.

O processo de oxidação completa da glicose de forma simplificada é mostrado na figura 13. A etapa inicial, que consiste na conversão de glicose a piruvato, ocorre através de uma seqüência de reações denominada glicólise, uma via metabólica que se processa no citossol. Seus produtos são ATP e piruvato. A posterior oxidação do piruvato é feita no interior da mitocôndria, nas células que dispõem desta organela.

Na mitocôndria, o piruvato é, portanto, totalmente oxidado a  $\text{CO}_2$ , com a concomitante produção de grande quantidade de  $\text{H}^+ + \text{e}^-$ , sempre recebidos por coenzimas. Da oxidação destas coenzimas pelo oxigênio (através da cadeia de transporte de elétrons), deriva-se a grande produção de ATP e que perfaz cerca de 90% do total obtido com a oxidação completa da glicose.



**FIGURA 13** – Esquema simplificado da oxidação completa da glicose.



#### 4) DIABETES

De acordo com a Federação Internacional de Diabetes, o diabetes acomete mais de 250 milhões de pessoas no mundo e, se nenhuma providência for tomada, calcula-se que esse número alcance os 380 milhões até 2025. No Brasil, em 2006, já tínhamos mais de 10 milhões de pessoas com diabetes, sendo mais de 8 milhões com idade entre 30-69 anos e 1,5 milhão acima de 69 anos. Atualmente, estima-se que cerca da metade deles ainda desconhece o próprio problema.

Diabetes é uma doença metabólica caracterizada por um aumento anormal do açúcar ou glicose no sangue. A glicose é a principal fonte de energia do organismo porém, quando em excesso, pode trazer várias complicações à saúde como por exemplo o excesso de sono no estágio inicial e cansaço extremo. Quando não tratada adequadamente, podem ocorrer complicações como insuficiência renal, problemas na visão, amputação do pé e lesões de difícil cicatrização, dentre outras complicações.

Embora ainda não haja uma cura definitiva para diabetes, há vários tratamentos disponíveis que, quando seguidos de forma regular, proporcionam saúde e qualidade de vida para o paciente portador.

##### 4.1) PÂNCREAS

O pâncreas é uma glândula de aproximadamente 15 cm de extensão do sistema digestivo e endócrino de animais vertebrados que se localiza atrás do estômago e entre o duodeno e o baço. Ele é tanto exócrino (secretando suco pancreático que contém enzimas digestivas) quanto endócrino (produzindo muitos hormônios importantes como insulina e glucagon).

O pâncreas endócrino é composto de aglomerações de células especiais denominadas ilhotas de Langerhans. Essas ilhotas são compostas aproximadamente de 90% de dois tipos de células: células beta e células alfa.

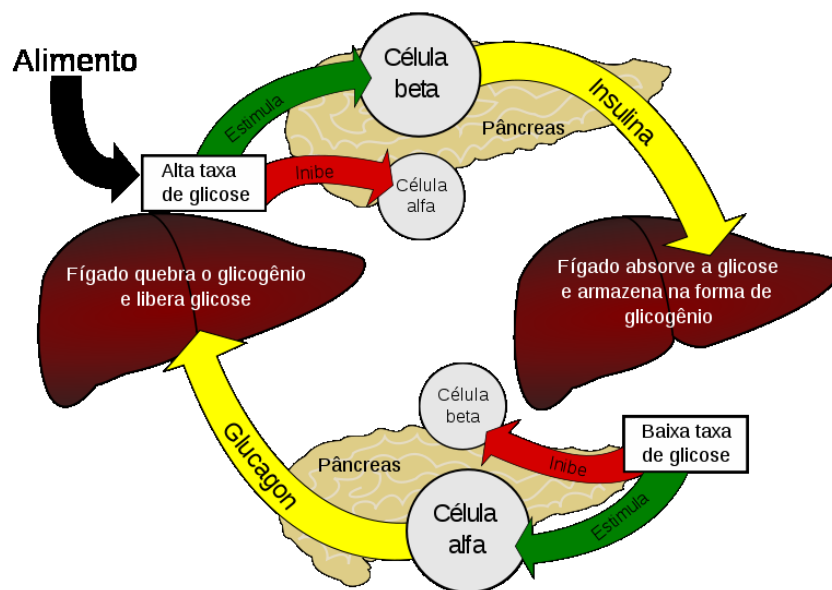
As células beta são responsáveis pela produção de insulina enquanto as células alfa são responsáveis pela produção de glucagon.

A insulina humana é um hormônio, ou seja, um polipeptídeo composto por uma única cadeia polipeptídica composta por 51 aminoácidos. Este hormônio age numa grande parte das células do organismo, como as células presentes em músculos. A insulina é o “canal de entrada” da glicose na célula, ou seja, a insulina se liga à glicose, é reconhecida pela membrana e então o açúcar entra na célula para que seja oxidado e produza energia.

O glucagon é um hormônio, ou seja, um polipeptídeo composto por uma única cadeia polipeptídica composta por 29 aminoácidos. Este hormônio ajuda a manter os níveis de glicose no sangue estáveis durante longos períodos de jejum. Quando os níveis de glicose estão muito baixos

no sangue, o glucagon se liga aos seus receptores nas células do fígado fazendo com que este libere glicose - armazenada na forma de glicogênio - através de um processo chamado glicogenólise. Assim que estas reservas acabam, o glucagon faz com que o fígado sintetize glicose adicional através da gliconeogênese. Esta glicose é então lançada na corrente sanguínea. Estes dois mecanismos levam à liberação de glicose pelo fígado, prevenindo o desenvolvimento de uma hipoglicemia. Em condições normais, a ingestão de glicose suprime a secreção de glucagon.

A Figura 14 mostra a regulação da glicemia pelos hormônios insulina e glucagon.



**FIGURA 14** – Regulação da glicemia pelos hormônios insulina e glucagon.

#### 4.2) CLASSIFICAÇÃO

Dependendo da causa, o diabetes pode ser classificado principalmente de duas formas: diabetes do tipo I e diabetes do tipo II.

No tipo I as células do pâncreas que fabricam a insulina, o hormônio que ajuda a glicose a entrar na célula, foram destruídas, ou seja, o pâncreas não produz mais insulina. Geralmente esse tipo é diagnosticado na infância ou na adolescência e é o próprio sistema imunológico da pessoa que passa a destruir as células do pâncreas produtoras de insulina.

No tipo II, a produção de insulina não é suficiente para promover a entrada de glicose na célula ou então as células não conseguem aproveitá-la da forma correta. Esse tipo é mais freqüente em adultos e há uma tendência hereditária por trás do mal e uma forte conexão com a obesidade. Hoje sabe-se que o aumento de gordura no organismo provoca a resistência à insulina que é a dificuldade das células de absorver a glicose. Nos dois casos, o excesso de glicose em circulação desencadeia várias complicações que, se não forem controladas, podem levar à morte.

**EXERCÍCIOS**

- 1) Defina o que são carboidratos e cite 3 funções desses compostos para os organismos vivos.
- 2) Defina o que são monossacarídeos, cite dois exemplos desses compostos juntamente com a importância de cada um para os organismos vivos.
- 3) Apresente a estrutura cíclica da galactose.
- 4) Defina o que são dissacarídeos, cite dois exemplos desses compostos juntamente com a importância de cada um para os organismos vivos.
- 5) Defina o que são polissacarídeos, cite dois exemplos desses compostos juntamente com a importância de cada um para os organismos vivos.
- 6) O que é a ligação glicosídica? Cite 3 exemplos de carboidratos unidos por esse tipo de ligação.
- 7) Qual é a principal biomolécula e processo dos quais os seres humanos obtêm a energia necessária para utilizarem no seu cotidiano?
- 8) Apresente a equação global balanceada que representa o processo de respiração celular (oxidação da glicose) nos organismos vivos. Qual molécula gerada no processo de oxidação da glicose é responsável pela geração de energia no organismo?
- 9) Apresente um esquema global de todo o processo de respiração indicando onde estão localizados os reagentes e produtos da oxidação da glicose.
- 10) O que é diabetes e como ela é gerada?
- 11) Cite os dois tipos de diabetes existentes e suas respectivas causas.
- 12) O que é e qual a importância da insulina nos seres humanos?
- 13) O que é e qual a importância do glucagon nos seres humanos?

## CAPÍTULO 5 - LIPÍDIOS

Os lipídios são biomoléculas insolúveis em água e altamente solúveis em solventes orgânicos sendo armazenados no tecido adiposo. A gordura deposita-se em células especiais, as células adiposas, que se encontram em volta dos órgãos ou na parte mais profunda da pele, onde formam uma camada chamada de panículo adiposo. Essa camada tem também outra função: atua como isolante térmico entre a temperatura do corpo e do meio ambiente.

A família de compostos designados por lipídios é muito vasta. Cada grama de lipídio armazena 9 kcal de energia, enquanto cada grama de glicídio ou proteína armazena somente 4 quilocalorias. Apesar desse potencial energético, os lipídios não são os primeiros nutrientes utilizados pela célula quando ela gasta energia.

Ao contrário das demais biomoléculas, os lipídios não são polímeros, isto é, não são repetições de uma unidade básica. Embora possam apresentar uma estrutura química relativamente simples, as funções dos lipídios são complexas e diversas, atuando em muitas etapas cruciais do metabolismo e na definição das estruturas celulares.

Os lipídios têm várias funções biológicas, dentre as quais pode-se destacar:

a) reserva energética: os lipídios funcionam como uma eficiente reserva de energia pois, sua oxidação, gera aproximadamente o dobro de energia que os carboidratos; sempre que o organismo necessita de energia, esta será obtida pela oxidação de carboidratos e posteriormente pela queima de gordura que está armazenada.

b) alimento energético: quando grande parte dos carboidratos já foram oxidados, o organismo começa a oxidar, propriamente dito, a gordura armazenada para obtenção de energia; alguns animais, como o urso polar, são capazes de permanecer longos períodos em jejum pois utilizam as suas reservas de gorduras como fonte de energia;

c) estrutural : os lipídios compõem parte da membrana celular (as bicamadas lipídicas) que funcionam como barreira altamente seletivas à entrada de compostos nas células; o grau de insaturação dos lipídios é responsável pela fluidez da membrana, ou seja, impede que a membrana celular seja rígida;

d) proteção mecânica: a gordura age como suporte mecânico para certos órgãos internos e sob a pele de aves e mamíferos, protegendo-os contra choques e traumatismos;

e) sinalizadores: através de reações químicas alguns lipídios sinalizam, ou seja, indicam algo no organismo como, por exemplo, as prostaglandinas que são os sinalizadores químicos da dor nos processos inflamatórios.

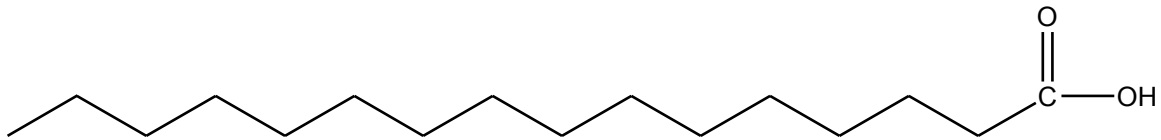
## 1) CLASSIFICAÇÃO

Dentre os principais tipos de lipídios podemos destacar os seguintes: ácidos graxos, triacilgliceróis, fosfoacilgliceróis, ceras, esteróides e prostaglandinas.

### 1.1) ÁCIDOS GRAXOS

As cadeias de ácidos graxos são os principais componentes dos fosfolipídios e glicolipídios. Esses dois compostos são os principais constituintes das membranas celulares.

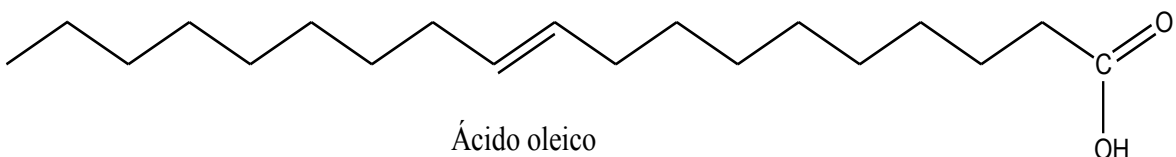
Os ácidos graxos são compostos orgânicos com cadeia carbônica saturada ou insaturada com número par de átomos de carbono que varia de 14 a 24 nos organismos vivos. Nos animais, a cadeia hidrocarbônica não é ramificada. A configuração das duplas ligações nos ácidos graxos insaturados é cis. A Figura 1 mostra a estrutura do ácido palmítico.



Ácido Palmítico

**FIGURA 1** – Estrutura do ácido palmítico.

A existência de insaturações com esta estereoquímica particular tem efeito aparentemente trivial mas na realidade de significado biológico vital: faz baixar o ponto de fusão de moléculas desses ácidos e de outras que são formadas a partir dos mesmos, como por exemplo os óleos (obtidos pela reação entre o glicerol e o ácido graxo). A gordura é sólida pois as moléculas que formam sua estrutura são compostas por cadeias hidrocarbônicas saturadas, propiciando uma maior interação entre as longas cadeias das moléculas. Nesse caso, a linearidade da cadeia proveniente do ácido graxo proporciona uma maior interação entre as moléculas fazendo com que ocorra um aumento no ponto de fusão do composto. A Figura 2 mostra a estrutura de um ácido graxo insaturado.



Ácido oleico

**FIGURA 2** – Estrutura do ácido oléico.

Os óleos são líquidos à temperatura ambiente porque apresentam menor ponto de fusão e ebulição em relação às gorduras pois possuem insaturações do tipo cis em suas cadeias hidrocarbônicas. Nessa configuração ocorre uma dobra na ligação dupla fazendo com que a linearidade da cadeia principal deixe de existir e as cadeias ajustem-se mal umas às outras. A partir de então a atração entre as cadeias das moléculas é dificultada pelo impedimento estérico originado por esses grupos longos localizados no mesmo lado da molécula. Isso confere um abaixamento do ponto de fusão e ebulição desses compostos.

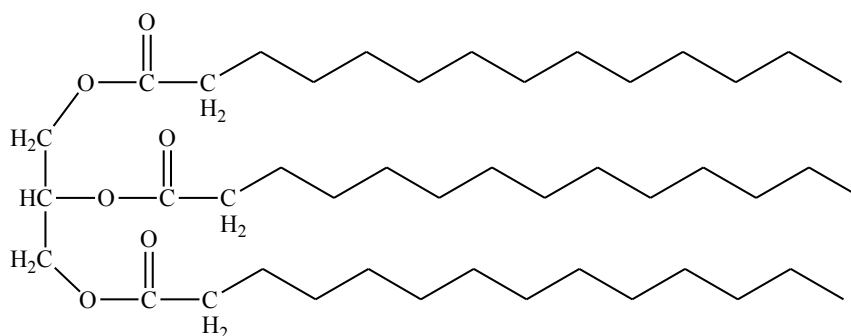
Essa situação é bem percebida se compararmos os pontos de fusão do ácido esteárico (69,1°C), que não possui insaturações em sua cadeia, e do ácido linolênico (-9,0°C), que possui três insaturações em sua cadeia principal.

Dentre os principais ácidos graxos encontrados pode-se destacar: ácido palmítico (16:0), ácido esteárico (18:0), ácido oleico (18:1), ácido linoleico (18:2) e o ácido linolênico (18:3).

Cadeias saturadas de compostos que constituem as membranas levam a um empacotamento rígido e agregados organizados das mesmas. Enquanto que cadeias insaturadas empacotam em um sistema mais desorganizado com maior potencial de mobilidade, como é o caso de animais que vivem em locais muito frios. Estes animais apresentam em suas membranas maior quantidade de lipídios insaturados pois, senão, a membrana perderia sua mobilidade e sua função ficaria prejudicada.

## 1.2) TRIACILGLICEROL

Os triacilglicerídeos são as formas de lipídios que mais geram energia sendo a principal fonte de energia dos organismos pois apresenta um empacotamento eficiente, não precisa de solvatação pois as interações hidrofóbicas mantém as cadeias carbônicas hidrofóbicas unidas. O principal exemplo desses tipos de lipídios são os óleos e as gorduras. A Figura 3 apresenta a estrutura de um triacilglicerol.



Triacilglicerídeo

**FIGURA 3** – Estrutura de um triacilglicerol.

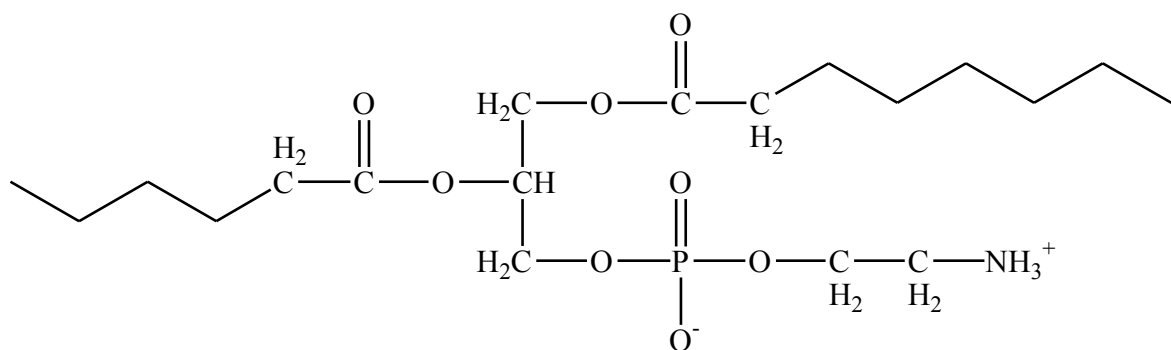
Os triacilglicerídeos são formados pela reação de esterificação entre uma molécula de glicerol e três moléculas de ácido graxo dando origem a um éster. As cadeias carbônicas provenientes dos ácidos podem ser saturadas ou insaturadas e isso será o fator predominante que determinará o melhor empacotamento e estado físico do composto. Quando o organismo precisa de energia, o triacilglicerol é hidrolisado e, a partir disso, os ácidos graxos liberados são oxidados para obtenção de energia.

### 1.3) FOSFOACILGLICEROL

Os fosfoacilgliceróis, também conhecidos como fosfolipídios, constituem a maior e mais importante classe de lipídios pois são os componentes essenciais de membranas celulares. As moléculas de fosfolipídios podem se mover nessas membranas, mantendo-se em constante reorganização. Por isso as membranas celulares são chamadas de lipoprotéicas. O fato de ela poder se reorganizar evita que ocorram rupturas na membrana e que ela tenha uma alta capacidade de regeneração.

Nos fosfoacilgliceróis as hidroxilas em C-1 e C-2 do glicerol são esterificadas com as carboxilas de duas cadeias de ácidos graxos. A hidroxila em C-3 do glicerol é esterificada pelo ácido fosfórico, como mostra a Figura 4. O composto resultante é o fosfatidato que é o fosfoacilglicerol mais simples e muito importante na biossíntese de outros.

As moléculas de fosfoacilglicerídeos são consideradas anfifílicas pois possuem uma cabeça polar (representada pelo fosfato) e uma cauda hidrofóbica (caracterizada pela cadeia carbônica).



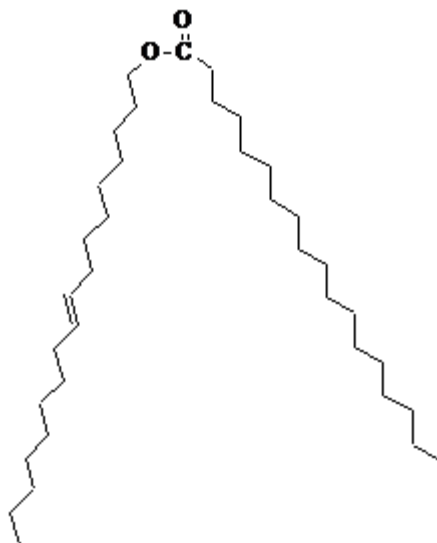
Fosfoacilglicerídeo

**FIGURA 4** – Estrutura de um fosfoacilglicerol.

### 1.4) CERAS

As ceras são ésteres de longas cadeias formadas pela esterificação de um ácido graxo e um álcool graxo. Ambos podem apresentar suas cadeias de forma saturada ou insaturada. As ceras

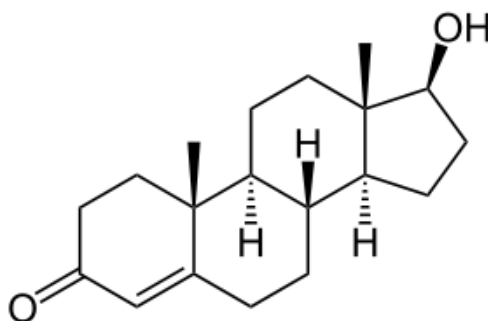
constituem o principal revestimento dos pêlos dos animais e das folhas de algumas plantas, além de atuar na proteção de certas partes do organismo como, por exemplo, a cera presente no canal auditivo. A Figura 5 ilustra a estrutura de um tipo de cera.



**FIGURA 5** – Estrutura de uma cera.

#### 1.5) ESTERÓIDES

Os esteróides formam um grande grupo de compostos solúveis em gordura (lipossolúveis), que têm uma estrutura básica de átomos de carbono dispostos em quatro anéis ligados entre si. Os esteróides compreendem diversas substâncias químicas com importante papel na fisiologia humana. Eles atuam nos organismos como hormônios e, nos humanos, são secretados pelas gônadas, córtex adrenal e pela placenta. A testosterona é o hormônio sexual masculino, enquanto que o estradiol é o hormônio responsável por muitas das características femininas. A Figura 6 mostra a estrutura da testosterona.



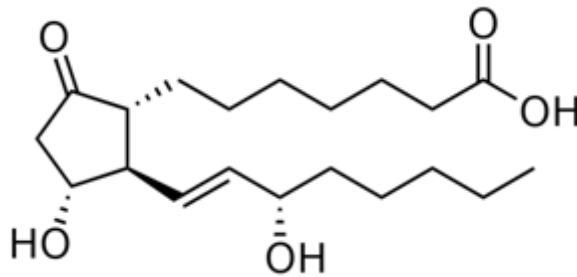
**FIGURA 6** – Estrutura da testosterona.

O colesterol é um dos mais importantes esteróides que fazem parte do organismo pois constituem a estrutura das membranas celulares, sendo também um reagente de partida para a biossíntese de vários hormônios (cortisol, aldosterona, testosterona, progesterona) e da vitamina D.



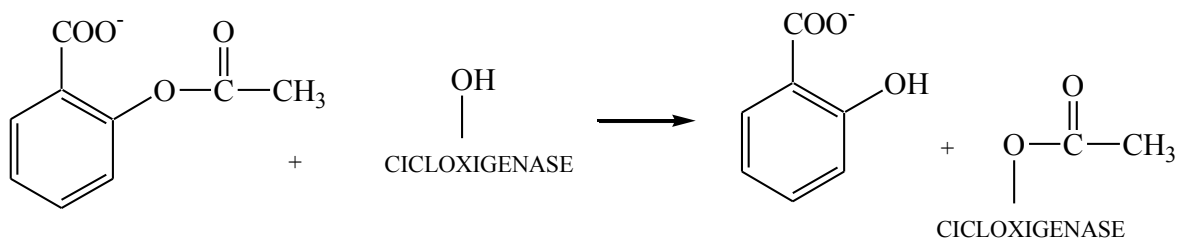
## 1.6) PROSTAGLANDINAS

Estes lipídios não desempenham funções estruturais mas são importantes componentes em vários processos metabólicos e de comunicação intercelular. Um dos processos mais importantes controlados pelas prostaglandinas é a inflamação. A estrutura de uma prostaglandina é mostra na Figura 7.



**FIGURA 7** – Estrutura de uma prostaglandina.

A substância chave na biossíntese das prostaglandinas é o ácido araquidônico, que é formado através da remoção enzimática de hidrogênios do ácido linoléico. O ácido araquidônico livre é convertido a prostaglandinas pela ação da enzima *cicloxigenase*, que adiciona oxigênios ao ácido araquidônico e promove a sua ciclização. No organismo, o ácido araquidônico é estocado sob a forma de fosfolipídios, tal como o fosfoinositol, em membranas. Sob certos estímulos, o ácido araquidônico é liberado do lipídio de estocagem (através da ação da enzima fosfolipase A2) e rapidamente convertido a prostaglandinas, que iniciam o processo inflamatório. A cortisona tem ação anti-inflamatória por bloquear a ação da fosfolipase A2. Este é o mecanismo de ação da maior parte dos anti-inflamatórios esteróides. Os anti-inflamatórios não esteróides, como a aspirina, agem bloqueando a enzima cicloxigenase, como mostra a Figura 8. Desta forma, impedem o ciclo de formação das prostaglandinas e evitam a sinalização inflamatória.



**FIGURA 8** – Reação de inativação da enzima cicloxigenase com aspirina.

## 2) MEMBRANAS CELULARES

As membranas biológicas são montagens laminares organizadas constituídas principalmente de proteínas e lipídios. As funções exercidas pelas membranas são indispensáveis à vida. As membranas citoplasmáticas dão às células sua individualidade ao separá-las de seu ambiente. As membranas são barreiras de permeabilidade altamente seletivas, e não paredes impenetráveis, porque contém canais e bombas específicos. Esse sistema de transporte regula a composição molecular e iônica do meio intracelular.

As membranas também controlam o fluxo de informação entre células e seu ambiente. Possuem receptores específicos para estímulos externos. O movimento de bactérias em direção ao alimento e a percepção de luz são processos em que o evento primário é a detecção de um sinal por um receptor específico na membrana. Por sua vez, algumas membranas geram sinais, que podem ser químicos ou elétricos, como na transmissão de impulsos nervosos.

### 2.1) CARACTERÍSTICAS

As membranas são tão diversas em estruturas quanto o são em função. Dentre as principais características comuns às membranas, pode-se citar:

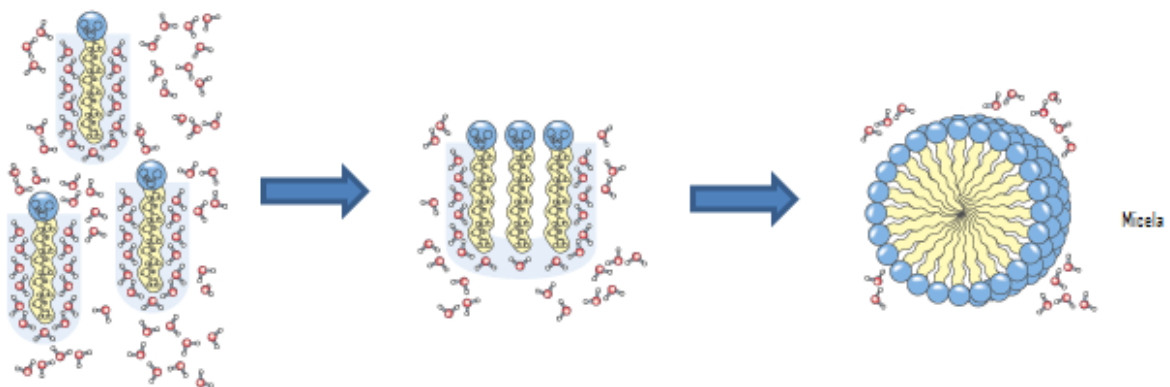
- a) as membranas são estruturas laminares, com apenas poucas moléculas de espessura, que formam limites fechados entre diferentes compartimentos;
- b) as membranas são constituídas principalmente de lipídios e proteínas. Além disso, contém também glicídios que se ligam aos lipídios e às proteínas;
- c) os lipídios de membrana são moléculas relativamente pequenas que possuem tanto uma porção hidrofílica como uma porção hidrofóbica. Esses lipídios formam espontaneamente lâminas bimoleculares fechadas em meio aquoso. Essas bicamadas lipídicas são barreiras ao fluxo de moléculas polares;
- d) proteínas específicas exercem funções distintas nas membranas. As proteínas funcionam como bombas, canais e receptores. As proteínas de membrana são embutidas em bicamadas lipídicas que criam ambientes favoráveis à sua ação;
- e) as membranas são montagens não covalentes. As moléculas de proteínas e lipídios que as constituem são mantidas juntas por muitas interações não covalentes;

- f) as membranas são assimétricas, ou seja, as duas faces das membranas biológicas sempre diferem uma da outra;
- g) as membranas são estruturas fluidas. As moléculas lipídicas difundem-se rapidamente no plano da membrana, assim como as proteínas, a menos que sejam ancoradas por interações específicas;
- h) a maioria das membranas tem polaridade elétrica, com o lado interno negativo. O potencial de membrana exerce um papel importante no transporte e transformação de energia.

## 2.2) ESTRUTURA DA MEMBRANA

Os lipídios anfipáticos (com parte da cadeia polar e outra apolar), quando são adicionados a um meio aquoso, tendem a agregar-se, organizando-se prontamente em estruturas plurimoleculares chamadas de micelas. Estas estruturas permitem maximizar as interações hidrofóbicas entre as cadeias carbônicas, isolando-as da água, e deixar os grupos polares em contato com a água, com o qual podem interagir. Tais arranjos moleculares constituem o menor arranjo de energia livre para esses lipídios em água e resultam da presença de duas regiões com solubilidade diferente na mesma molécula.

Lipídios com uma única cadeia carbônica, como sabões e detergentes, devido à forma cônica e afinada de suas moléculas, formam, preferencialmente, micelas. Nesta estrutura esférica, as cadeias de hidrocarboneto organizam-se no interior, isolando-se da água, e os grupos polares posicionam-se na superfície externa, interagindo com o solvente, como mostra a Figura 9.

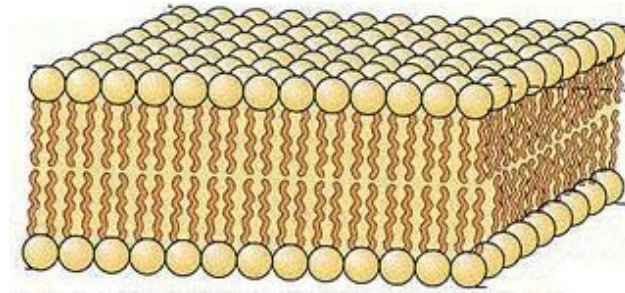


**FIGURA 9** – Formação da micela.

A maioria dos fosfo e glicolipídios formam, ao invés de micela, uma camada dupla de moléculas, chamada bicamada lipídica. Esta estrutura permite uma agregação mais estável das

Bioquímica Prof. Abel Scupeliti Artilheiro

moléculas destes lipídios, que têm uma forma cilíndrica, devido à presença de duas cadeias apolares. As moléculas de lipídios alinham-se lado a lado, formando duas monocamadas; as cadeias carbônicas das monocamadas agrupam-se frente a frente, de modo a formar um domínio hidrofóbico no meio da bicamada; os grupos hidrofílicos dispõem-se na superfície das duas faces da bicamada, interagindo com a água, como mostra a Figura 10.



**FIGURA 10** – Formação da bicamada lipídica.

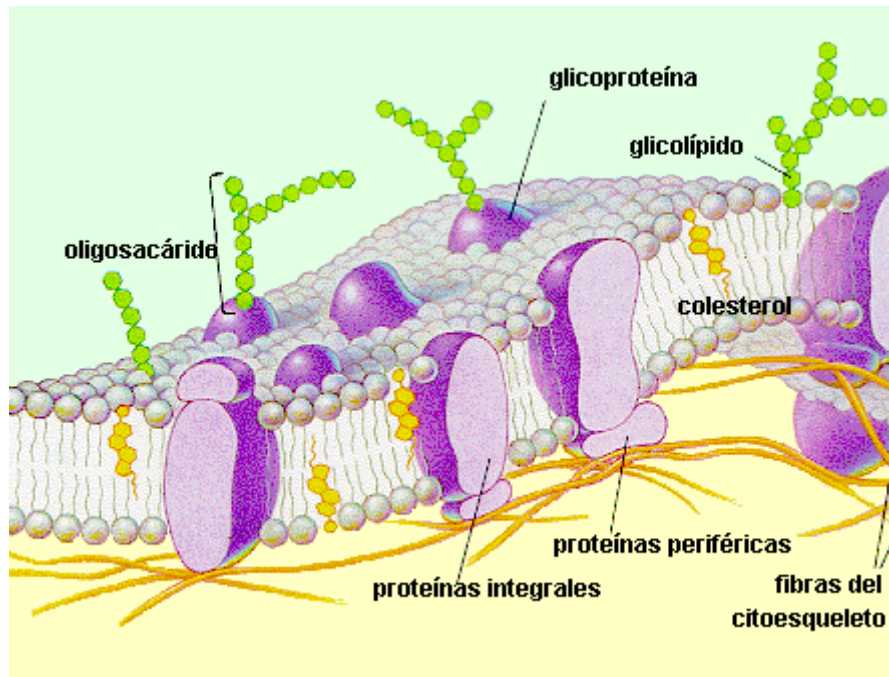
### 2.3) FLUIDEZ DA MEMBRANA

A consistência das membranas celulares varia com o comprimento e o grau de insaturação das cadeias carbônicas dos seus lipídios estruturais e, também, com a temperatura. A temperatura corpórea dos animais homeotermos é sempre maior que a temperatura de transição de suas membranas, ou seja, as membranas dos mamíferos são líquidas a 37°C. Em resumo, as membranas dos seres vivos, em condições fisiológicas são fluidas.

A fluidez da membrana é controlada por diversos fatores físicos e químicos. A temperatura influencia na fluidez: quanto mais alta ou baixa, mais ou menos fluida será a membrana, respectivamente. O número de duplas ligações nas caudas hidrofóbicas dos lipídios também influencia a fluidez: quanto maior o número de insaturações, mais fluida a membrana pois menor será a possibilidade de interação entre moléculas vizinhas. Animais que hibernam, por exemplo, possuem mais gorduras insaturadas na constituição da membrana pois vivem em locais com temperatura muito baixas.

Também a concentração de colesterol influencia na fluidez: quanto mais colesterol, mais fluida. O colesterol, por ser menor e mais rígido, interage mais fortemente com os lipídios adjacentes, diminuindo sua capacidade de movimentação. Temos que levar em conta que existem moléculas de colesterol presentes nas membranas pois este esteróide é um componente básico de membranas biológicas. O colesterol rompe as interações tipo Van der Waals entre as caudas dos fosfolipídios associando-se a elas, pois apresenta grande estrutura lipofílica. Isso faz com que a membrana seja mais fluída; portanto, uma maneira de se controlar a fluidez da membrana é regulando o nível de colesterol na mesma. O colesterol remove a rigidez das “caudas” dos

fosfolípidos e por isso diminui a permeabilidade da membrana a pequenas moléculas solúveis na água. Além disso, impede a demasiada aproximação das “caudas” dos fosfolípidos, impedindo as membranas de interagirem fortemente se cristalizando, ou seja, resultaria em um estado gelatinoso. A Figura 11 mostra a estrutura da membrana celular.



**FIGURA 11** – Estrutura da membrana celular.

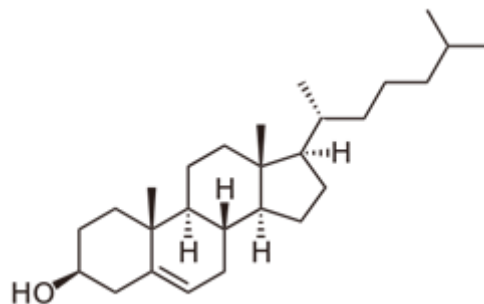
### 3) COLESTEROL

*O composto-chave do grupo de esteróides é o colesterol, não apenas por ser o esteróide mais abundante dos tecidos animais, como por servir de precursor à síntese de todos os outros esteróides, que incluem hormônios esteroídicos* (hormônios sexuais como a progesterona, testosterona e o estradiol), *sais biliares e vitamina D. O colesterol é um composto essencial para a vida* pois está presente nos tecidos de todos os animais. O colesterol tem, ainda, uma função estrutural importante nas membranas de células animais. Sua molécula exibe um caráter fracamente anfipático porque o grupo hidroxila é polar e o restante da molécula é apolar. Como o sistema de anéis compõe um plano rígido, *o colesterol é, ainda, um determinante das características de fluidez das membranas celulares.* A Figura 12 mostra a estrutura do colesterol.

O colesterol presente na circulação sanguínea tem duas origens: endógena, cuja produção é feita principalmente no fígado e no intestino delgado, e a exógena, nesse caso o colesterol é obtido da alimentação.

O colesterol é sintetizado pelo fígado, em um processo regulado por um sistema compensatório: quanto maior for a ingestão de colesterol vindo dos alimentos, menor é a quantidade sintetizada pelo fígado.

Este composto é insolúvel em água e, conseqüentemente, insolúvel no sangue. Para ser transportado na corrente sanguínea o colesterol liga-se com algumas proteínas e outros lipídios, em um complexo chamado **Lipoproteína**. Existem vários tipos de lipoproteínas e estas podem ser classificadas de diversas maneiras. O modo pelo qual os bioquímicos geralmente as classificam é baseado em sua densidade.



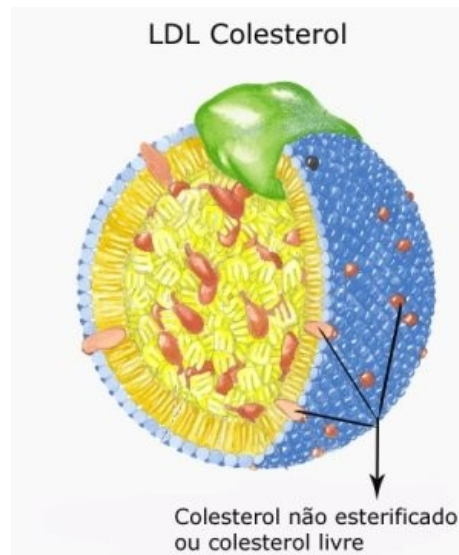
**FIGURA 12** – Estrutura do colesterol.

Dentre as principais lipoproteínas transportadoras de colesterol, pode-se citar: LDL (lipoproteínas de baixa densidade), HDL (lipoproteínas de alta densidade) e VLDL (lipoproteínas de muito baixa densidade).

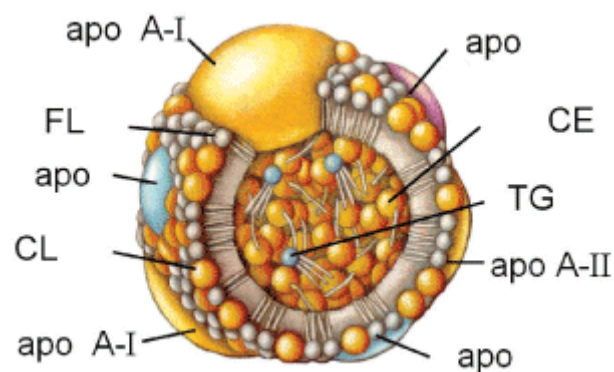
VLDL são sintetizadas pelo fígado e transportam triacilglicerídios para os músculos e para o tecido adiposo. Na medida em que perdem triacilglicerídios, estas partículas podem coletar mais colesterol e tornarem-se LDL.

LDL carregam cerca de 70% de todo o colesterol que circula no sangue. Elas são capazes de transportar o colesterol do sítio de síntese, o fígado, até as células de vários outros tecidos. São pequenas e densas o suficiente para atravessar os vasos sanguíneos e ligarem-se às membranas das células dos tecidos. Por esta razão, as LDL são as lipoproteínas responsáveis pela arteriosclerose. O nível elevado de LDL está associado com altos índices de doenças cardiovasculares. A Figura 13 mostra a estrutura das LDL.

HDL são responsáveis pelo transporte reverso do colesterol: carrega o colesterol em excesso de volta para o fígado onde é utilizado para a síntese do ácido biliar. O nível elevado de HDL está associado com baixo índices de doenças cardiovasculares. A Figura 14 mostra a estrutura das HDL.



**FIGURA 13** – Estrutura das lipoproteínas de baixa densidade (LDL).



**FIGURA 14** – Estrutura das lipoproteínas de alta densidade (HDL).

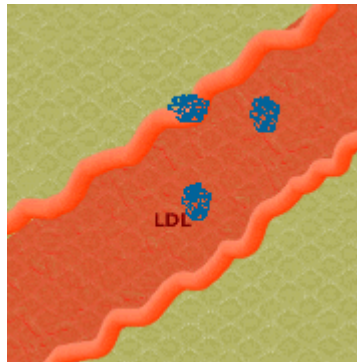
### 3.1) ARTERIOSCLEROSE

A arteriosclerose é uma das doenças mais comuns de nossa sociedade, tendo portanto uma importância crescente em temas de pesquisas médicas. Suas causas são alvo de grande interesse e, pelo conhecimento que se tem até os dias de hoje, estão intimamente relacionadas ao estilo de vida de cada indivíduo e também a sua alimentação. A doença corresponde ao enrijecimento progressivo da parede de artérias musculares de grande e médio calibre e de artérias elásticas de grande calibre.

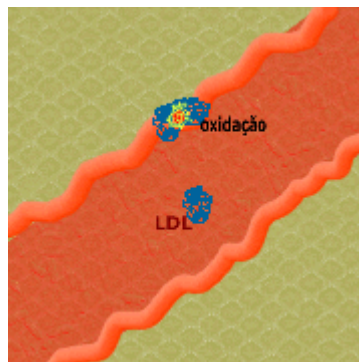
As LDL, quando em excesso, é que são responsáveis pelos depósitos arterioscleróticos nos vasos sanguíneos. A seguir é mostrada a sequência de eventos que levam a esse problema.

O colesterol forma um complexo com os lipídios e proteínas, chamado lipoproteína. A forma que realmente apresenta malefício, quando em excesso, é a LDL.

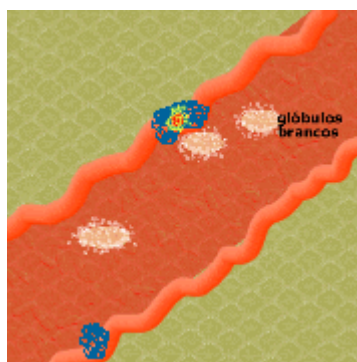




Nesta interação, a LDL acaba sendo oxidada por radicais livres presentes na célula.

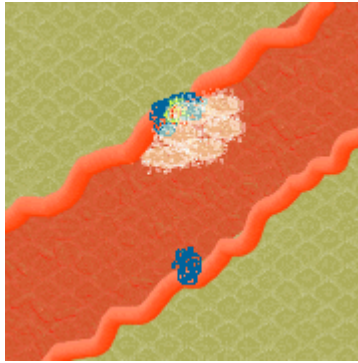


Esta oxidação aciona um mecanismo de defesa e, imediatamente, glóbulos brancos juntam-se ao sítio, e este fica inflamado.

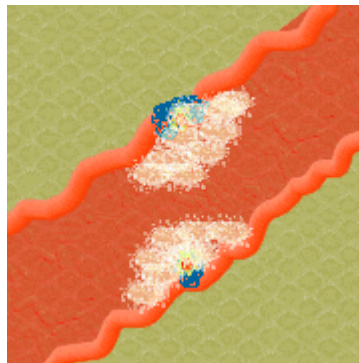


Após algum tempo cria-se uma placa no meio do vaso sanguíneo; sobre esta placa, ocorre uma deposição lenta de cálcio, numa tentativa de isolar a área afetada.





Isto pode interromper o fluxo sanguíneo normal e vir a provocar inúmeras doenças cardíacas.  
De fato, a concentração elevada de LDL no sangue é a principal causa de cardiopatias.



#### 4) GORDURA TRANS

A gordura trans é um tipo específico de gordura insaturada formada principalmente no processo de hidrogenação industrial, como no caso da hidrogenação provocada pelo aquecimento de óleos vegetais líquidos para solidificação em margarinas e gorduras para confeitaria. Por isso, elas estão presentes principalmente nos alimentos industrializados. Na indústria, esse tipo de gordura serve para melhorar a consistência dos alimentos, principalmente textura, e também aumentar a vida de prateleira de alguns produtos.

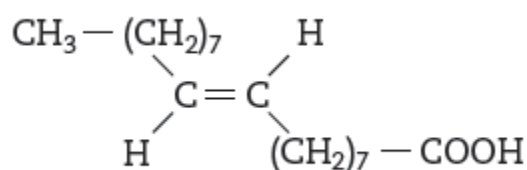
**A gordura trans pode estar presente em diversos tipos de alimentos industrializados como: salgadinhos, donuts, biscoitos recheados, massas de bolos, tortas, sorvetes, margarinas e tudo que leva gordura hidrogenada, pipoca de microondas, além de vários itens de alimentos de fast food como batata frita, nuggets, tortinhas doces, etc.**

Por conter uma conformação química diferente da gordura cis encontrada na natureza, as gorduras trans não são utilizadas como materiais biológicos e podem ser consideradas como estranha ao organismo. Como consequência são capazes de interferir em determinados processos metabólicos no organismo.

Os ácidos graxos com conformação "trans" presentes na membrana celular enfraquecem a estrutura da membrana e sua função protetora. Eles alteram a passagem normal de sais minerais e outros nutrientes pela membrana e permitem que micróbios patogênicos e substâncias químicas tóxicas penetrem na célula com mais facilidade. O resultado são células doentes e enfraquecidas, mau funcionamento do organismo e um sistema imunológico exausto, em resumo, queda da resistência e aumento do risco de doenças.

As gorduras "trans" também podem desorganizar o mecanismo normal do organismo de eliminação do colesterol. O fígado costuma lançar o excesso de colesterol na bile e enviá-lo para a vesícula, que se esvazia no intestino delgado logo abaixo do estômago. As gorduras "trans" bloqueiam a conversão normal do colesterol no fígado e contribuem para elevar o nível de colesterol no sangue e, através disso, também provocam um aumento da quantidade de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), considerada um dos principais causadores de arteriosclerose (endurecimento das artérias). Além disso, as gorduras "trans" reduzem a quantidade de lipoproteínas de alta densidade (HDL), que ajudam a proteger o sistema cardiovascular dos efeitos nocivos das LDLs.

Outro efeito negativo das gorduras "trans" na dieta é o aumento dos hormônios pró-inflamatórios do corpo (prostaglandina E2) e a inibição dos tipos anti-inflamatórios (prostaglandinas E1 e E3). Esta influência indesejada das gorduras "trans" sobre o equilíbrio das prostaglandinas pode deixar a pessoa mais vulnerável a condições inflamatórias que vão custar a curar. As prostaglandinas também controlam muitas funções metabólicas. Quantidades mínimas delas podem provocar grandes mudanças nas reações alérgicas, na pressão sanguínea, na coagulação, nos níveis de colesterol, na atividade hormonal, na função imunológica e na resposta inflamatória, para citar apenas algumas de suas ações. O ácido elaídico, mostrado na Figura 15 é um exemplo de gordura trans.



**FIGURA 15** – Estrutura do ácido elaídico: um tipo de gordura trans.

## 5) ANTIOXIDANTES E ÔMEGA 3

Radicais livres são espécies que apresentam elétrons de valência desemparelhados e, portanto, são altamente reativos.

No nosso organismo, os radicais livres são produzidos pelas células durante o processo de combustão por oxigênio, utilizado para converter os nutrientes dos alimentos absorvidos em energia.

Os radicais livres podem danificar células saudáveis do nosso corpo, entretanto, o nosso organismo possui enzimas protetoras que reparam 99% dos danos causados pela oxidação, ou seja, nosso organismo consegue controlar o nível desses radicais produzidos através de nosso metabolismo.

Os antioxidantes protegem o organismo da ação danosa dos radicais livres. Alguns antioxidantes são produzidos por nosso próprio corpo e outros, como as vitaminas A, C, E e os flavonóides devem ser consumidos através dos alimentos.

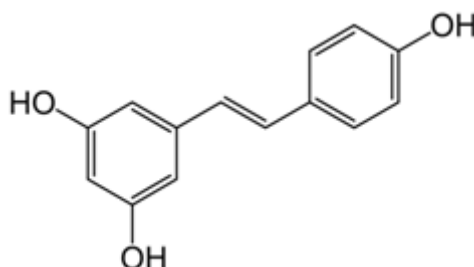
### 5.1) FLAVONÓIDES

Flavonóide é a designação dada a um grande grupo de metabólitos da classe dos polifenóis encontrados em diversas espécies vegetais. Os diferentes tipos de flavonóides são encontrados em frutas, flores e vegetais em geral, assim como em alimentos processados como chá e vinho. Dentre os principais tipos de flavonóides pode-se citar: antocianina, catequina, quercetina e resveratrol.

Os flavonóides e outros derivados fenólicos são conhecidos pelo seu poder antioxidantes por atuarem na captura e neutralização de espécies oxidantes como o ânion superóxido ou radical peróxido presente no organismo após a oxidação de lipídios ou açúcares, atuando por sinergismo com outros antioxidantes como as vitaminas C e E.

Alguns flavonóides são capazes de se ligar a íons metálicos, impedindo-os de atuarem como catalisadores na produção de radicais livres. Assim, os flavonóides podem interferir nas reações de propagação e formação de radicais livres.

Mais recentemente foi descoberta na uva uma substância denominada resveratrol, que atua e pertence ao grupo dos estilbenos. Esta substância seria responsável por impedir a arteriosclerose. Estudos afirmam que o resveratrol, juntamente com os compostos fenólicos, atua como agente antioxidante e, conseqüentemente, tem efeito preventivo contra os fenômenos aterogênicos e trombogênicos. A Figura 16 mostra a estrutura do resveratrol.



**FIGURA 16** – Estrutura do resveratrol.

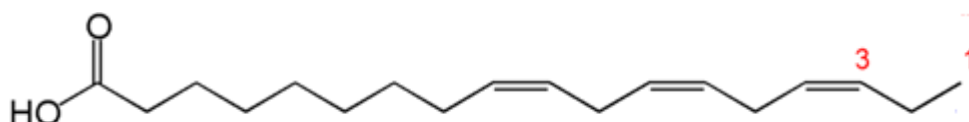
Em algumas pesquisas alguns flavonóides apresentam-se associados à proteção contra doenças do envelhecimento. Isto pode ser justificado devido à sua ação antioxidante. A formação de radicais livres pelo oxigênio é supostamente a chave para o desenvolvimento de câncer e doenças das

coronárias, aliado à função protetora da membrana celular. Radicais livres podem atacar biomoléculas, dentre as quais se destacam os lipídios, proteínas ou DNA propriamente dito, os quais podem ser preservados pela ação dos antioxidantes.

## 5.2) ÔMEGA 3

A qualidade dos lipídios na dieta representa um dos componentes importantes quando o objetivo é reduzir o risco de doenças cardiovasculares. As mais recentes recomendações para uma dieta saudável enfatizam a presença dos ácidos graxos poli e monoinsaturados em detrimento dos saturados e dos poliinsaturados do tipo trans (gordura vegetal hidrogenada).

Ômega 3 são ácidos carboxílicos poliinsaturados em que a dupla ligação está no terceiro carbono a partir da extremidade oposta à carboxila. Estes compostos são chamados de "essenciais" porque não podem ser sintetizados pelo corpo e devem ser consumidos sob a forma de gorduras. Ômega 3 é considerado gordura saudável para os seres humanos. As pessoas não sintetizam esses compostos no organismo e por isso é necessário que esses compostos sejam ingeridos diariamente. A dose diária recomendada de Ômega 3 no organismo é de 1,0 g. Pode-se citar como exemplo dessa classe: o ácido alfa-linolênico, ácido eicosapentaenóico e o ácido docosahexanóico. A Figura 17 mostra a estrutura do ácido alfa-linolênico.



**FIGURA 17** – Estrutura do ácido alfa-linolênico.

As vantagens que esses compostos trazem para as pessoas são muitas, como: ajuda na luta contra o câncer, redução do risco de AVC e doenças cardiovasculares (porque Ômega 3 regulariza principalmente os níveis de colesterol no sangue), aumento da capacidade mental de resposta e outros benefícios. Além disso, alguns estudos afirmam que Ômega 3 pode prevenir o mal de Alzheimer.

Esses ácidos graxos podem ser de origem animal ou vegetal. Os ácidos graxos de origem vegetal podem ser encontrados principalmente no óleo de linhaça enquanto os ácidos graxos de origem animal podem ser encontrados em peixes de águas frias ou em óleo de peixes de água fria como: sardinha, salmão e atum.

Muitos estudos mostram que a ingestão de Ômega 3 tanto de origem vegetal quanto de origem animal reduz significativamente o risco de morte súbita por acidente vascular cerebral ou cardiovascular em mulheres e homens. Além disso, esses compostos ajudam a combater alguns tipos

de câncer e diminuem a proliferação de células cancerígenas e o aparecimento de metástase em pessoas que já possuem câncer. Outro fator importante observado é a melhora da memória, do humor e da facilidade de aprendizado gerado por esses compostos.

Apesar dos benefícios, a ingestão de Ômega 3 deve ser controlada porque esses compostos em excesso atuam como agente oxidante no organismo prejudicando o funcionamento da célula, por isso a ingestão desses compostos deve ser associada a agentes antioxidantes como por exemplo, vitamina C. Além disso, estudos mostram que o excesso de Ômega 3 pode ser prejudicial para pessoas que tem dificuldades no processo de coagulação sanguínea.

Por isso, o mais importante é ter uma dieta balanceada com a ingestão de ácidos graxos poliinsaturados na recomendação indicada para que esses compostos atuem como agentes de prevenção de várias doenças.

**EXERCÍCIOS**

- 1) Defina o que são lipídios e cite 4 funções biológicas importantes que esses compostos exercem nos organismos vivos.
- 2) Cite quais as 6 classes principais de lipídios existentes e 1 função de cada classe.
- 3) Qual é a diferença entre os óleos e as gorduras? Qual a importância da estrutura do ácido graxo (saturado ou insaturado) que constitui o fosfolípido presente na membrana celular?
- 4) Cite qual é a classe mais importante dos lipídios. Comente sua importância na constituição da membrana celular.
- 5) O que são triacilgliceróis e qual a sua principal função nos organismos vivos?
- 6) O que são esteróides, qual sua função no organismo e cite qual é o principal representante desta classe de lipídios.
- 7) O que são prostaglandinas e qual a sua importância nos seres humanos?
- 8) Qual é a importância e função da membrana celular? Cite 5 características importantes deste componente celular.
- 9) Indique quais são os principais componentes da estrutura da membrana celular e como esta membrana interage com a água.
- 10) Explique a importância da membrana celular ser fluída e de que fatores isso depende.
- 11) Qual é a importância do colesterol? Que classe de lipídio transporta esse composto pelo sangue?
- 12) O que são lipoproteínas? Cite quais os dois principais tipos existentes e como atuam no transporte do colesterol no organismo.
- 13) O que são gorduras trans, onde podem ser encontradas, quais os males para a saúde e como agem na membrana celular? Cite um exemplo deste tipo de gordura.
- 14) Explique o que são radicais livres, como atuam no organismo e a importância dos antioxidantes.
- 15) Explique a importância dos flavonóides para os seres humanos citando um exemplo deste composto de extrema importância.

16) O que é arteriosclerose? Explique como ocorre o processo de arteriosclerose.

17) Defina Ômega 3 e comente sua importância na prevenção de doenças.

18) São feitas as seguintes afirmações abaixo:

I) O colesterol é um importante componente da membrana celular.

II) O colesterol ruim é uma mutação da molécula de colesterol que danifica as células do organismo.

III) Os flavonóides e ácidos graxos ômega 3 ajudam no combate de doenças cardiovasculares.

Estão corretas as afirmações:

a) somente I

b) somente II

c) somente III

d) I e III

e) I, II e III